

## **SILLAN PERUSKORJAUKSEN NOPEUTTAMINEN**

Tiehallinnon selvityksiä 11/2008



**TIEHALLINTO**  
VÄGFÖRVALTNINGEN

# **Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen**

**Tiehallinnon selvityksiä 11/2008**



*Kansikuva: Tuomo Koskela*

ISSN 1457-9871  
ISBN 978-952-221-044-9  
TIEH 3201091

Verkkojulkaisu pdf ([www.tiehallinto.fi/julkaisut](http://www.tiehallinto.fi/julkaisut))

ISSN 1459-1553  
ISBN 978-952-221-045-6  
TIEH 3201091-v

Edita Prima Oy  
Helsinki 2008

Julkaisua myy/saatavana  
Edita (asiakaspalvelu.prima@edita.fi)  
Faksi 020 450 2470  
Puhelin 020 450 011



**TIEHALLINTO**  
Keskushallinto  
Opastinsilta 12 A  
PL 33  
00521 HELSINKI  
Puhelin 0204 22 11

**Asiasanat:** sillat, ylläpito, korjaus, pintarakenteet, liikuntasaumalaitteet, reunapalkit, putkisillat  
**Aiheluokka:** 70

## TIIVISTELMÄ

Siltojen ylläpidon toimintalinjojen mukaan siltojen korjaamisen jälkeenjääneisyyden kiinnittämiseksi peruskorjauksiin käytettäviä resursseja lisätään lähivuosina merkittävästi, joten peruskorjausten tehostaminen sekä niiden keston että laadun suhteen tulee entistä tärkeämmäksi. Tässä selvityksessä on kartoitettu ja kehitetty sillan peruskorjausten nopeuttamiseen tähtääviä peruskorjauksen työvaiheita ja resursseja, joilla voidaan vaikuttaa korjaustöiden kestoon, laatuun ja liikennehaittojen pienentämiseen.

Pintarakenteiden uusimisen osalta selvitettiin vedeneristysten alustan kunnostusta, vedeneristystyön materiaaleja ja työsaavutuksia sekä pohjoismaisia kokemuksia vaihtoehtoista pintarakennerratkaisuista.

Liikuntasaumalaitteista selvitettiin laitteiden vaurioita ja asentamista sekä tukikaistojen materiaaleja.

Yleisimmin tarvittavien korjausvälineiden ja työkoneiden osalta selvitettiin niiden tehoja, kokoa ja käyttöominaisuuksia. Selvityksen perusteella esitetään ohjeita ja suosituksia sillankorjaustöiden eri työvaiheissa käytettävien laitteiden tarvittavista ominaisuuksista.

Reunapalkin korjaamiseen ja uusimiseen kehitettiin ammattikorkeakoulun tutkintotyönä uudelleen käytettävä siirrettävä muottikalusto, joka on suunniteltu moneen eri reunapalkki- ja siltatyyppiin sopivaksi.

Sääsuojien osalta selvitettiin vuokrattavia ja myytäviä sääsuojakalustoja hintoineen sekä kehitettiin yhden ajokaistan leveydelle suunniteltu teräskehistä ja PVC-peitteistä koottava sääsuojarakenne.

Pienehköjen siltojen korjaus- ja uusimiskustannusten vertailua varten kehitettiin yksinkertaistettu laskentamalli, jossa otetaan huomioon liikennehaittakustannukset ja uusimisen myöhentäminen hallitulla loppuunkäytöllä.

Teräsputkisillan korjaamisesta esitetään korjaamisen yleiset edellytykset sekä eri projektissa laaditun SILKO-ohjeen korjausmenetelmien soveltamisohjeet ja pääperiaatteet.

Liikennehaittoja voidaan vähentää myös kaivantojen tukemiseen käytettävillä tukiseinillä ja apusilloilla. Niistä esitetään ponttiseinien tyyppejä ja käytön periaatteita sekä ajosiltojen, ajosillakkeiden ja väliaikaisten kalustosiltojen rakenteita.

Sillankorjaajien koulutustarvetta ja -mahdollisuuksia selvitettiin sekä työnjohdon että rakennusammattimiesten osalta. Laadittiin malliohjelmat sillankorjaustöiden perus- ja jatkokurssiksi.

Liikennejärjestelysuunnitelmista selvitettiin keskeiset asiat sillankorjaustyömaan liikennejärjestelyjä ja suojaustapoja koskevista uusimmista ohjeista. Lisäksi esitetään kaistanvuokrausmenettelyn pääpiirteet.

**Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen.** [Försnabbning av broars grundreparation]. Helsingfors 2008. Broteknik. Vägförvaltningens rapporter 11/2008. 82 s. ISSN 1457-9871, ISBN 978-952-221-044-9, TIEH 3201091

**Nyckelord:** broar, underhåll, reparation, ytkonstruktioner, dilatationsfogar, kantbalk, rörbroar  
**Ämnesklass:** 70

## SAMMANFATTNING

Enligt riktlinjerna för broars drift underhåll och för åtgärdande av efterblivenheten bör man de närmaste åren betydligt öka resurserna för broars grundreparation. Effektiviseringen av grundreparation både med hänsyn till arbetstid och till kvalitet blir betydelsefullare än tidigare. Denna undersökning kartlägger och utvecklar olika arbetsfaser och resurser med inriktning på försnabbning av broars grundreparation och med avsikt att påverka reparationens arbetstid och kvalitet samt minskande av trafikstörningar.

När det gäller förnyandet av broars ytkonstruktion klarlades istandsättandet av vattenisolerings underlag, vattenisoleringsmaterial och arbetsprestationer samt nordiska erfarenheter gällande alternativa ytkonstruktionslösningar.

När det gäller dilatationsfogar klarlades skador i anordningarna och montagearbeten samt olika material för stödgjutning.

När det gäller de mest använda reparationsredskapen och arbetsmaskinerna klarlades deras effekt, storlek och användaregenskaper. På basen av utredningen framläggs anvisningar och rekommendationer för de egenskaper som krävs av utrustningen i broreparationsarbetens olika arbetsfaser.

För reparation och förnyande av kantbalk utvecklades som ett examensarbete i yrkeshögskola en återanvändbar och flyttbar formutrustning, som kan anpassas till många olika kantbalk- och brotyper.

För väderskydd utreddes de väderskyddsutrustningar och priser, vilka kan hyras eller köpas på marknaden. Dessutom utvecklades en väderskyddskonstruktion för en körfil bestående av stålstomme och PVC-presenningar.

Reparations- och ombyggnadskostnader i mindre broar jämfördes med en förenklad beräkningsmetod, som tar i beaktande trafikstörningskostnader och uppskjutningen av brons förnyande i en kontrollerad slutanvändning.

För reparation av rörbroar framläggs de allmänna förutsättningarna för en reparation samt tillämpningsanvisningarna och grundprinciperna för användningen av SILKO-anvisningarna, som utarbetats i ett annat projekt.

Trafikstörningar kan också minskas med spontväggar och reservbroar. I denna publikation presenteras olika typer och användningsprinciper samt konstruktionen hos olika rampbroar, plattformar och reservbroutrrustningar.

Man utredde behovet av och möjligheter till utbildning av både arbetsledning och yrkesarbetare för broreparation. Vidare gjorde man en modell för programmet av en grund- och fortsättningskurs om broreparation.

När det gäller trafikanordningar utreddes de centrala faktorerna i de senaste anvisningarna om trafikanordningar och sättet att skydda av broreparationsarbetsplatser. Vidare framlades de centrala principerna för körfilsuthyrning.

**Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen** [Time-saving in Bridge Renovation]. Helsinki 2008. Finnish Road Administration. Finnra Reports 11/2008. 82 p. ISSN 1457-9871, ISBN 978-952-221-044-9, TIEH 3201091

**Keywords:** bridges, maintenance, renovation, deck surface structures, expansion joint devices, edge beam, tubular bridges

**Topic class:** 70

## SUMMARY

According to the management policy of bridge maintenance the resources for bridge renovations will be increased in the coming years due to the earlier omissions of repairs. This report deals with working phases and resources which may have influence in duration, quality and interruption of traffic in repair works.

Within deck surface structures, restoring of waterproofing substrate, waterproofing materials and their working efficiency as well as Scandinavian experiences of alternative surface structures were studied.

Within expansion joint structures, damages and assembling of devices as well as materials of protective strips were studied.

Capacity, size and operation properties of repair tools and equipments were studied. On the ground of disquisition, instructions and recommendations for the required properties of devices used in different stages of renovation are given.

For repair and renewal of the edge beam a removable mould fixture was developed. It is designed to fit for many different edge beam and bridge types and to be capable of using several times.

Weather guard fixtures and the prizes were studied, both by rental agencies and salesmen. An one lane collapsible weather guard structure was developed, with structural parts of steel frames and PVC coverings.

For comparison of repair and renewal costs of smallish bridges a simplified calculation form was developed, taking into account the interruption costs of traffic and postponing the renewal with intensified monitoring of bridge condition.

For the repair of steel tubular bridge general prerequisites of repair as well as application directives and leading principles of repair methods of SILKO repair instructions are presented.

Types, structures and usage principles of bulk heads and auxiliary bridges are presented.

Need of training for supervisory staff as well as professional workers were studied. Model programs for basic and advanced courses were compiled.

Essential facts of new guidelines for traffic management and leading principles of lane hire procedure were studied.

## ESIPUHE

Sillan peruskorjauksella tarkoitetaan kokonaiskorjausta, jossa kaikki vaurioituneet ja kuluneet rakenneosat kunnostetaan tai uusitaan ja sillan rakenteellinen ja toiminnallinen kunto palautetaan alkuperäiselle tasolle. Peruskorjauksessa on useita työvaiheita, jotka edellyttävät liikennejärjestelyjä ja liikennetilän rajoittamista. Tienkäyttäjän näkökulmasta korjaustyöt eivät saisi kuitenkaan aiheuttaa kohtuutonta ja tarpeettoman pitkäaikaista haittaa liikenteelle.

Siltojen korjaamisen jälkeenjääneisyyden kiinniottamiseksi peruskorjauksiin käytettäviä resursseja on lisätty ja lisätään lähivuosina merkittävästi, joten peruskorjausten tehostaminen sekä niiden keston että laadun suhteen on entistä tärkeämpää. Tässä selvityksessä on kartoitettu ja kehitetty peruskorjausten nopeuttamiseen tähtääviä peruskorjausten työvaiheita, työmenetelmiä ja resursseja, joilla voidaan vaikuttaa korjaustöiden kestoon, laatuun ja liikennehaittojen pienentämiseen.

Tämä selvitys on tehty yhteistyössä Tiehallinnon, Ratahallintokeskuksen, Destia Oy:n ja useiden kaupunkien kesken. Tilaaajien edustajana on toiminut kehittämisspäälikkö Jouko Lämsä Tiehallinnon Asiantuntijapalveluista ja projektipäälikkönä tekn. lis. Torsten Lunabba Destian Konsulttipalveluista. Projektin ohjausryhmään ovat kuuluneet seuraavat henkilöt:

Jouko Lämsä	Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut
Timo Tirkkonen	Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut
Ilkka Kuulas	Tiehallinto, Asiantuntijapalvelut
Pekka Siitonen	Tiehallinto, Kaakkois-Suomen tiepiiri
Esko Matela	Oy VR-Rata Ab, Ratahallintokeskuksen edustaja
Timo Rytönen	Helsingin kaupunki
Juha Saarikoski	Espoon kaupunki
Marja-Leena Palviainen	Vantaan kaupunki
Wille Siuko	Tampereen kaupunki
Heikki Virtanen	Turun kaupunki
Harri Korhonen	Kuopion kaupunki
Ari Varonen	Joensuun kaupunki
Ilpo Irva	Jyväskylän kaupunki
Ari Vaahtera	Porin kaupunki
Jari Lievonen	Destia Oy, Itä-Suomen palveluyksikkö
Timo Äkräs	Destia Oy, Etelä-Suomen palveluyksikkö
Torsten Lunabba	Destia Oy, Konsulttipalvelut
Antti Rämetsä	Destia Oy, Konsulttipalvelut

Projektin johtamisesta sekä suunnittelu- ja sihteerityöstä on vastannut Destian Konsulttipalvelut, jossa työhön ovat ohjausryhmään kuuluneiden lisäksi osallistuneet Hanna-Maija Innanen ja Pekka Koivula.

Helsingissä toukokuussa 2008

Tiehallinto  
Siltatekniikka



**Sisältö**

JOHDANTO	11
<b>1 PINTARAKENTEIDEN UUSIMINEN</b>	<b>12</b>
1.1 Yleistä	12
1.2 Vedeneristyksen alustan kunnostus	13
1.3 Vedeneristystyö	15
1.4 Vaihtoehtoiset pintarakenneratkaisut	16
1.5 Yhteenveto	18
<b>2 LIIKUNTASAUMALAITTEET JA TUKIKAISTAT</b>	<b>19</b>
2.1 Yleistä	19
2.2 Purkutyöt	20
2.3 Liikuntasaumalaitteen asentaminen	21
2.4 Tukikaistat	22
2.5 Massaliikuntasaumat	23
2.6 Apusillat	24
<b>3 KORJAUSVÄLINEET JA TYÖKONEET</b>	<b>25</b>
3.1 Voimayksiköt	25
3.2 Piikkausmenetelmät	25
3.3 Leikkausmenetelmät	28
3.4 Jyrsintämenetelmät	28
3.5 Porausmenetelmät	29
3.6 Pinnanpuhdistusmenetelmät	30
3.7 Työ- ja suojakalustot	31
3.8 Pienkaivurit ja -kuormaajat	32
3.9 Henkilönostimet	33
3.10 Betonityövälineet	34
3.11 Vedeneristysvälineet	36
<b>4 REUNAPALKIN SIIRRETTÄVÄ MUOTTIKALUSTO</b>	<b>38</b>
4.1 Johdanto	38
4.2 Käyttökohteet	39
4.3 Suunnittelua ohjanneet määräykset, normit ja kuormitustapaukset	39
4.4 Materiaalivalinnat	39
4.5 Muottikaluston suunnitelma	40
4.6 Kustannukset	44
<b>5 KORJAUSKAUDEN PIDENTÄMINEN</b>	<b>45</b>
5.1 Sääsuojat	45
5.2 Sääsuojakalusto	45

5.3	Turvallisuustarkastelu	48
6	KORJAUKSEN JA UUSIMISEN VERTAILU	50
6.1	Sillan peruskorjauskustannukset	50
6.2	Päällysrakenteen uusimiskustannukset	50
6.3	Sillan uusimiskustannukset	50
6.4	Liikennehaittakustannukset	50
6.5	Uusimisen myöhentäminen ja hallittu loppuunkäyttö	52
6.6	Vertailun esimerkkilaskelma	53
7	TERÄSPUTKISILLAN KORJAAMINEN	57
7.1	Korjaamisen yleiset edellytykset	57
7.2	Korjausmenetelmät	57
7.2.1	Sujutusmenetelmä	57
7.2.2	Putken alaosan uusiminen	58
7.2.3	Ruiskubetonointi	59
8	TUKISEINÄT JA APUSILLAT	60
8.1	Tukiseinät	60
8.2	Apusillat	62
9	SILLANKORJAAJIEN KOULUTUS	67
9.1	Työnjohto	67
9.2	Rakennusammattimiehet	67
9.3	Sillankorjaustöiden peruskurssi	69
9.4	Sillankorjaustöiden jatkokurssi	70
9.5	Koulutuksen järjestäminen	72
10	LIIKENTEENJÄRJESTELYSUUNNITELMAT	73
10.1	Yleistä	73
10.2	Liikennejärjestelyohjeet ja suunnitelmat	73
10.3	Sulku- ja varoituslaitteet	74
10.4	Kaiteet ja muut suojarakenteet	74
10.5	Kaistamerkinnot	75
10.6	Liikennevalo-ohjaus	76
10.7	Esimerkkejä liikennejärjestelysuunnitelmasta	77
10.8	Kaistanvuokraus	80
11	LIITTEET	82

## JOHDANTO

Tiehallinnon tienpidon strategiassa painotetaan, että tärkeintä on varmistaa tiestön liikennekelpoisuus ja nykyinen kunto. Tieverkon kuntoa parannetaan erityisesti siltojen osalta lisäämällä niiden peruskorjauksia.

Liikenne- ja viestintäministeriön Tiehallinnolle asettamien tulostavoitteiden keskeinen ylläpitoa ohjaava sisältö on seuraava:

- Rahoitusta suunnataan siten, että tierakenteet voidaan pitkällä aikavälillä pitää kunnossa mahdollisimman taloudellisesti.
- Siltojen kunnan heikkeneminen on pysäytettävä ja korjaamisen jälkeenhäätneisyys poistettava.
- Puuhuollon turvaaminen.

Tiehallinnon hankintastrategian päämääriä ovat:

- Hankinnoissa käytetään myös nykyistä laajempia ja pitkäkestoisempia, urakoitsijoiden ja konsulttien innovaatiota edistäviä hankintamenettelyitä.
- Tienpidon tuotteita ja palveluja hankitaan myös palvelukokonaisuuksina, jotka sisältävät suunnittelua, rakentamista, hoitoa ja ylläpitoa erilaisina kokonaisuuksina.
- Laatuvaatimukset asetetaan lopputuotteen toimivuudelle.

Tiehallinnon tiedon hallinnan strategiassa korostetaan, että hyvällä tiedonhallinnalla parannetaan tienpidon tuottavuutta ja prosessien suorituskykyä.

Tiehallinnon asiakkuusstrategian mukaan tulee mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon asiakkaiden tarpeet ja suunnata toimintaa siten, että asiakastytyväisyys edelleen paranee. Tienkäyttäjän näkökulmasta korjaustyöt eivät saisi aiheuttaa kohtuutonta ja tarpeettoman pitkäaikaista häittoa liikenteelle.

Tiehallinnon toiminta- ja taloussuunnitelmassa esitetään koko tieverkon ylläpidon rahoituksen painotukset TTS-kaudelle. TTS-kaudella 2008–2011 tavoitteena on siltojen kunnan heikkenemisen pysäyttäminen ja sen jälkeen peruskorjausten jälkeenhäätneisyyden umpeen kurominen.

Tiehallinnon siltojen ylläpidon toimintalinjojen mukaan siltojen korjaamisen jälkeenhäätneisyyden kiinniottamiseksi peruskorjauksiin käytettäviä resursseja lisätään lähivuosina merkittävästi, joten peruskorjausten tehostaminen sekä niiden keston että laadun suhteen tulee entistä tärkeämmäksi.

Ratahallintokeskuksen omistamien rautatiesiltojen korjausten rahoitustarve on kasvamassa nykyistä suuremman siltamäärän tullessa peruskorjausikään vuoden 2010 jälkeen. Helsingin kaupunki on tehnyt peruskorjausten jälkeenhäätneisyydestä ja resurssitarpeista Tiehallinnon laskelmia vastaavan selvityksen, joka osoittaa voimakkaasti kasvavaa rahoitustarvetta. Useimmissa kaupungeissa korjausten rahoitus sisältyy yleiseen budjettiohjaukseen.

Tässä selvityksessä on kartoitettu ja kehitetty peruskorjausten nopeuttamiseen tähtääviä peruskorjausten työvaiheita ja resursseja, joilla voidaan vai-  
kuttaa korjaustöiden keston, laatuun ja liikennehäittojen pienentämiseen.



## 1 PINTARAKENTEIDEN UUSIMINEN

### 1.1 Yleistä

Sillan peruskorjauksen nopeuttamiseen tähtäävän projektin esiselvityksessä tehdyn työvaiheiden kestoja ja liikenteelle aiheuttamaa haittaa koskevan analysoinnin mukaan pintarakenteiden uusimisen työvaiheista selvästi kriittisin on vedeneristysten alustan muotoiluvalun teko. Seuraavaksi eniten liikennehaittoja aiheuttavia työvaiheita ovat vedeneristysalustan peruskunnostus tasoituksineen ja paikkauksineen sekä vedeneristysten teko. Päälystekerrosten teko ja pintarakenteiden purkaminen ovat työn nopeuttamisen ja liikennehaittojen kannalta vähemmän merkittäviä työvaiheita.

Eristysalustan kunnostuksen osalta selvitettiin eriasteisiin vauriotapauksiin soveltuvia purku- ja korjausmenetelmiä sekä paikkaus- ja muotoiluvalumateriaaleja.

Vedeneristystyön osalta selvitettiin eri menetelmien työsaavutuksia. Kermieristysten osalta selvitettiin lisäksi sulatuspatoja sekä työvaiheiden katkeamattoman etenemisen parantamisella ja rivipolttimen käytöllä mahdollisesti saavutettavia etuja.

Pintarakenteiden purkamisessa ja päälystekerrosten teossa ei katsottu olevan merkittäviä mahdollisuuksia töiden nopeuttamiseen, joten niiden selvittämiseen ei ole panostettu.

Osana pohjoismaista tutkimusprojektia selvitettiin vaihtoehtoisia pintarakenneratkaisuja ja mahdollisuutta tehdä kannen pintarakenne kokonaan ilman vedeneristystä. Kaakkois-Suomen tiepiirissä toteutettiin kokeilukohteena Sylkynjärven sillan pintarakenteiden teko ilman vedeneristystä. Kansilaatan yläpinta valettiin 70 mm:n betonipeitettä käyttäen reunapalkkibetonilla, jonka päälle asennettiin paineentasausverkko ja kumibitumivaluasfaltti. Työtä voitiin näin nopeuttaa mutta kustannussäästöä ei juurikaan saatu.



Kuva 1.1. Pintarakenteiden uusiminen joudutaan usein tekemään monessa vaiheessa.

## 1.2 Vedeneristyksen alustan kunnostus

Kannen pintarakenteet puretaan asfalttipäällysteen uusimisoheeseen SILKO 2.814 mukaan. Työvälineet on valittava siten, että purkutyö ei aiheuta eristysalustaan lisävaurioita. Vanha kermieristys poistetaan petkeleellä. Kermi- tai mastiksieristyksen alustassa lujasti kiinni olevaa bitumia ei tarvitse poistaa, jos eristysalustaan ei tule epoksiitivistystä.

Vedeneristyksen alustan kunnostustyössä on varauduttava siihen, että kansilaatan yläpinnan purkamismenetelmä ja kunnostustapa valitaan lopullisesti vasta, kun pintarakenteet on purettu ja kunnostusasteen tarve voidaan määrittää. Vaurioasteeltaan ja laajuudeltaan erilaisissa kunnostustarpeissa käytettäviä purkamismenetelmiä ovat

- jysintä
- rajausta timanttisahalla ja piikkaus piikkausvasaralla
- vesipiikkaus.

**Jysintä** soveltuu pienten epätasaisuuksien ja nystyröiden poistamiseen. Tavoitteena on InfraRYL 42300:ssa (SYL 6) esitettyjen vedeneristyksen alustan tasaisuusvaatimusten saavuttaminen. Suositeltavaa on käyttää pienehköjä kevyitä jysimiä, joiden jysintäleveys on noin 300 mm ja jysintäsyvyys 1–3 mm. Niiden työteho eristysalustan kunnostuksessa on noin 100–150 m<sup>2</sup> työvuoron aikana. Suuria tehokkaita jysinlaitteita ei ole syytä käyttää, koska niiden jysintäjälki on karkea ja betonin pintaan syntyy haitallista mikrohalkeilua.

Pienet vaurioalueet **piikataan** timanttisahalla rajaten kevyellä tai keskiras-kaalla piikkausvasaralla siten, ettei irtonaista tai rapautunutta betonia jää rakenteeseen. Piikkausraja määritetään kloridipitoisuus- ja vetolujuusmittausten perusteella. Jos piikkaus ulottuu raudoitteeseen asti, piikkausraja on määritettävä siten, ettei betoniterästen ympärille jää betonia, jonka happoliukoisena mitattu kloridipitoisuus on yli 0,02 % betonin painosta.

**Vesipiikkaus** tulee kysymykseen laajoilla pinnoilla, kun betonin huono laatu tai kloridipitoisuus edellyttää vaurioituneen betonin poistamista. Tiehallinnon käyttämien sillankorjausurakoitsijoiden luettelon osassa 3, sillankorjauksen aliurakkana tehtävät erikoistyöt, on mainittu yhdeksän vesipiikkausurakoitsijaa, joilla kaikilla on kannen yläpinnan vesipiikkaukseen soveltuva vesipiikkausrobotti, Conjet, Aquajet tai vastaava laitteisto:

- E-P Vesi-Tekniikka Oy, Lapua
- ISS Teollisuuspalvelut Oy, Rauma
- Itä-Suomen Pinnoitetekniikka Oy, Iisalmi
- Kymen Prosessipuhdistus Oy, Anjalankoski
- Lassila & Tikanoja Oy, Naantali
- Pesupalvelu Hans Langh Oy, Piikkiö
- RMS Ympäristöpalvelu Oy, Hyvinkää
- Suomen Vesipiikkaus Oy, Espoo
- Tamates Service Oy, Muurola



Vesipiikkauslaitteiden piikkaustehokkuus vaihtelee suuresti betonin laadusta, piikkaussyvyydestä ja paikallisista olosuhteista riippuen. Ilmeisesti sen vuoksi vesipiikkausurakoitsijat eivät olleet halukkaita vastaamaan kyselyyn työsaavutuksistaan. Sillankorjaustöiden projekti- ja työmaapäälliköille tehdyllä kyselyllä työsaavutuksille saatiin joitakin keskimääräisiä suuruusluokkarvoja:

<u>Piikkaussyvyys</u>	<u>Työsaavutus</u>
0–30 mm	50–100 m <sup>2</sup> / työvuoro
30–60 mm	30–60 m <sup>2</sup> / työvuoro

**Kantavan kansilaatan** yläpintaa poistettaessa betonipeite voidaan purkaa ilman kantavuustarkasteluja raudoitteiden yläpintaan asti mutta raudoitteiden alapuolelle enintään 1 m<sup>2</sup>:n suuruisilla alueilla. Jos betonipeitettä joudutaan purkamaan enemmän, on tehtävä kantavuuslaskelmat ja yksityiskohtainen purkusuunnitelma. Tarkempia purkurajoituksia annetaan Tiehallinnon ohjeessa *Betonipinnan poistamisohjeita siltojen korjauksissa*.

Paikallisten kolojen ja painanteiden **paikkaus** voidaan tehdä sementtipohjaisella juotoslaastilla, polymeeripohjaisella juotosmassalla tai tiivistysepoxin ja kvartsihiekan seoksella. Valumatonta paikkauslaastiakin voi käyttää mutta se ei ole kannattavaa, koska materiaali on jonkin verran kalliimpaa ja työ hitaampaa kuin juotoslaasteilla. Kohteissa, joissa liikennehaittakustannukset ovat erityisen korkeat, suositellaan käytettäväksi polymeeripohjaisia paikkausaineita, koska ne lyhyen kovettumis- ja kuivumisaikansa ansiosta ovat työn nopeuden kannalta parempia, vaikkakin materiaalikustannukset ovat noin kaksinkertaiset juotoslaastiin verrattuna. Paikkaustyön työsaavutus on noin 15–25 m<sup>2</sup> / työvuoro.

Kansilaatan pinnan **muotoiluvalu**un tarve päätetään vaurioiden ja tutkimustulosten sekä kannen viettokaltevuuksien vaaitustulosten perusteella. Viettokaltevuuden on oltava vähintään 1 % mutta jos muotoiluvalu tehdään, viettokaltevuudeksi tehdään vähintään 2 % tai enemmän. Valun paksuuden tulee olla pienimmilläänkin vähintään 20 mm ja tartuntalujuuden vähintään 1,5 N/mm<sup>2</sup>. Koko yläpinnan vesipiikkauksen jälkeen muotoiluvalu on luonnollisesti tehtävä aina.

Muotoiluvalu tehdään ohjeen SILKO 2.240 mukaan rakeisuudeltaan sopivalta betonilla, jonka puristuslujuus on vähintään K35 ja pakkasenkestävyysluokka P30. Betonimassa voi olla myös polymeerimodifioitua hyväksi koetun suhteituksen mukaan valmistettuna. Kuitujen käyttö on tarpeen halkeamien syntymisen estämiseksi ja halkeamaleveyksien rajoittamiseksi.

Kohteissa, joissa liikennehaitat ovat suuret, on harkittava muotoiluvalun tekemistä erittäin nopeasti kovettuvalla vakiobetonilla (SILKO 3.211), jonka tehonotkistinta käyttäen saavutettu vesisideainesuhde on enintään 0,40. Tällöin materiaalikustannukset ovat 3–4 kertaa valmisbetonia suuremmat ja massa on sekoitettava kuivat tuotteista työmaalla, mutta nopeasta kovettumisesta ja kuivumisesta saatava ajansäästö on merkittävä. Savo-Karjalan tiepiirissä tehdyssä kokeilukohteessa Suomen Rakennelujitus Oy:n Korjausbetoni SRL-60/6/RHL:lla tehdyn muotoiluvalun päälle ruiskutettiin polyuretaanieristys kolmen vuorokauden kuluttua valusta.

Muotoiluvalun teon työsaavutus on noin 300–500 m<sup>2</sup> / työvuoro.

Kansilaatan kunnostuksen pääperiaatteet ovat:

<i>Kansilaatan kunto</i>	<i>Purkamismenetelmä</i>	<i>Kunnostusmenetelmä</i>	<i>Materiaali</i>
Hyvä mutta epäta-saisuuksia	(Jyrsintä)	Jyrsintä	
Paikallisia vaurioita, liikennehaitta koh-tuullinen	Rajaus ja piik-kaus	Paikkaus	Juotoslaasti tai valumaton paik-kauslaasti
Paikallisia vaurioita, liikennehaitta suuri	Rajaus ja piik-kaus	Paikkaus	Paikkausmassa tai juotosmassa tai tiivistysepoksi + kvartsihiekkä
Laajoja vaurioita ja/tai klorideja, liiken-nehaitta kohtuullinen	Vesipiikkaus	Muotoiluvalu	K35/P30 tai PMC + kuidut
Laajoja vaurioita ja/tai klorideja, lii-kennehaitta suuri	Vesipiikkaus	Muotoiluvalu	Nopeasti kovet-tuva vakiobetoni

Muotoiluvalu on tehtävä aina, jos viettokaltevuus on < 1 %.

Eristysalusta on suihkupudistettava aina ennen vedeneristystyötä (hiekkapuhallus tai sinkopuhdistus).

### 1.3 Vedeneristystyö

Siltojen **vedeneristysmenetelmiä** ovat kermieristys, nestemäisenä levitettävä eristys ja mastiksieristys. Kermieristys on yleisimmin käytetty ja sen vaihtoehtona on useimmiten nestemäisenä levitettävä eristys, jonka käyttö on lisääntymässä. Mastiksieristystä käytetään vain Uudenmaan alueella. Rautatiesiltojen korjauksissa käytetään myös EPDM kumimattoa (butyylikumi). Eristysmenetelmä valitaan yleensä korjaussuunnitelmaa laadittaessa.

Vedeneristysmenetelmien työsaavutuksissa on jonkin verran eroja. Vedeneristemateriaalin kiinnityksen tai levityksen työsaavutukset ovat suunnitteen seuraavat:

- kermieristys 200–300 m<sup>2</sup> / työvuoro
- nestemäisenä levitettävä eristys 400–600 m<sup>2</sup> / työvuoro
- mastiksieristys 500–800 m<sup>2</sup> / työvuoro.

Liimausbitumin **sulatuspatojen** tulee olla Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymää tyyppiä, jossa on termostaatti ja sekoitin. Siltojen kermieristystöihin so-piva sulatuspata on esimerkiksi poltinautomaatiikalla varustettu Grün Primat 250 bitumikeitin (Peltitarvike Oy). Sen liimausbitumin tuottoteho jatkuvassa käytössä on noin 250 kg/h. Isolla työmaalla tulisi olla ainakin kaksi tehokasta sulatuspataa, mieluummin kolmekin. Näin varmistetaan työn katkeamaton eteneminen, kun oikean lämpöistä liimausbitumia on koko ajan käytettävissä.

SILKO-ohjeen 2.811 mukaan kuumentamalla kiinnitettävien kermien asen-tamisessa kuumennus on tehtävä **rivipolttimella**. Jostain syystä rivipolttimia



ei ole opittu käyttämään Suomessa, vaikka ne muualla Euroopassa ovat vakiokalustoa, vaan yleensä käytetään vain yksittäisiä käsipolttimia. Rivipoltinta käyttäen kermieristystyön tehokkuus ja laatu paranee, koska kermin liimausbitumin sulatus on varmemmin tasaista. Esimerkiksi 7-liekkisen Grün rivipolttimen kuumennusteho on yli 300 kW, kun tehokkaimpienkin yksittäisten käsipolttimien kuumennusteho on 120–150 kW. Käsipolttimilla tapahtuu helposti virheliikkeitä, jolloin paikallinen liikakuuminen polttaa pilalle liimausbitumin kumin tai eristysalustaan levitetyn tiivistysepoxsin tartunnan.



Kuva 1.2. Liikakuuminen on irrottanut tiivistysepoxsin eristysalustasta.

#### 1.4 Vaihtoehtoiset pintarakenneratkaisut

Tiehallinto on osallistunut yhteispohjoismaiseen siltojen pintarakenteita tutkivaan projektiin, jonka pääasiallinen tarkoitus on ollut selvittää, missä määrin siltoja voitaisiin tehdä ilman vedeneristystä. Projektin ensimmäisestä vaiheesta on vuonna 2008 julkaistu tanskankielinen tutkimus *Isoleringsfri Broer*. Tässä tutkimuksessa on selvitetty myös, miten pintarakenteita tehdään eri pohjoismaissa ja mitkä ovat näistä saadut käyttökokemukset.

Näyttää siltä, että ainakin Suomessa, Tanskassa ja Ruotsissa luotetaan eniten pintarakenteeseen, joka koostuu kumibitumikermeistä ja asfalttipäällysteestä: Päällysteen ylin kerros on vaativissa kohteissa kumibitumiasfalttibetonia tai kumibitumivaluasfalttia. Etenkin Norjassa käytetään yleisesti vedeneristeenä kumibitumimastiksia ja kulutuskerroksena kumibitumivaluasfalttia. Kun kulutuskerroksena käytetään kumibitumivaluasfalttia, työtä hankaloittavat ja hidastavat tippuputket ja salaojakanavat sekä paineentasausjärjestelmät voidaan jättää pois. Ilmeisesti tämän tapaista rakennetta olisi syytä kokeilla myös Suomessa, varsinkin ohuissa betonilaatoissa ja siltojen



korjauksissa. On mahdollista, että pelätty pintarakenteiden kupliminen on näissä rakenteissa vältettävissä, mikäli tartunta saadaan hyväksi ja kosteuden jääminen eristeen alle voidaan välttää.

Kaikissa maissa käytetään myös polyuretaanieristeitä. Betonikansi tiivistetään usein epoksilla Tanskassa ja Suomessa mutta Ruotsissa epoksin käyttö on jostakin syystä kokonaan kielletty. Epoksitiivistyksen laadunvalvontaan on eniten kiinnitetty huomiota Suomessa.

Täysin eristämättömiä siltoja on laajemmin rakennettu vain Norjassa ja Ruotsissa. Norjassa tämä käytäntö oli aikaisemmin varsin yleinen, mutta tästä ollaan muiden pohjoismaiden esimerkin mukaisesti luopumassa. Ruotsissa eristämättömiä siltoja rakennetaan edelleen myös paikoissa, missä liikenne on vilkasta ja suolan käyttö melko runsasta. Pintarakenteen ja sen alla olevan kansirakenteen kestävyys suolaa ja pakkasrasitusta vastaan perustuu erittäin tiiviiseen ja lujaan teräskuiduilla vahvistettuun kulutuskerrosbetoniin ja veden tavallista parempaan poisjohtamiseen sillalta. Yhteispohjoismainen selvitys eristämättömien siltojen kunnosta on vielä kesken.

Suomessa eristämättömiä siltoja on rakennettu vain vähäliikenteisillä teillä, missä tiesuolaa ei käytetä. Eristämättömät sillat ovat etupäässä tyyppipiirustussarjan Ble II mukaan rakennettuja pieniä elementtilaattasiltoja, joita Suomessa on noin 280 kpl ja joista siltarekisteritietojen mukaan valtaosa on hyvässä kunnossa. Tosin tarkemmissa tutkimuksissa on käynyt ilmi, että näiden siltojen kunnossa on paljonkin moittimista ja ettei oletettu suolattomuuskaan pidä paikkaansa. Pohjois-Karjalassa tehdyssä selvityksessä on käynyt ilmi, että näillä suolaamattomiksi luokitelluilla vähäliikenteisillä teillä suolaa on kuitenkin jostakin syystä saatettu käyttää varsin runsaasti joko liukkauden torjunnassa tai pölyn sitomisessa.

Tanskalaisessa selvityksessä on vertailtu neljän erilaisen pintarakennetyypin käyttöikää sekä uusimiseen tarvittavia työaikoja ja kustannuksia:

1. Pintarakenne, joka koostuu perinteisistä bitumikermeistä ja asfalttikerroksista
2. Mastiksieristeinen pintarakenne
3. Kantavan kansilaatan päälle valettu pintabetoni, yleensä korkealuokkainen kuitubetoni
4. Monoliittinen betonipinta, jossa ylimääräinen betonipeite on valettu samasta betonista kuin kansilaatta.

Tanskalaisen selvityksen elinkaarikustannusvertailun mukaan mastiksieristeinen ja kuitubetoninen pintarakenne ovat aivan samassa hintaluokassa ja selvästi edullisemmat kuin pintarakenne, missä eriste on tehty bitumikermeistä. Vertailun tulokset ovat seuraavassa taulukossa, jossa uusimisaika ja yksikköhinnat on laskettu 1000 m<sup>2</sup>:n sillalle.

Rakennetyyppi	Käyttöikä [v]	Uusiminen [vrk]	€/m²
1. Bitumikermi + asfaltti	35–40	18	199
2. Mastiksieristeinen rakenne	25–30	11	70
3. Kuitubetonipinta	30–40	10	99
4. Monoliittinen betonipinta	30–40	10	7

1.5 Yhteenveto

Pintarakenteiden uusimisen nopeuttamiseksi tulisi panostaa nopeasti kovettuvien vakiobetonien käyttöön muotoiluvalujen teossa sekä epoksin käyttöön pienissä paikkauksissa ja kannen yläpinnan tiivistämisessä.

Mastiksieristys näyttäisi olevan kermieristystä selvästi edullisempi pintarakenteiden uusimistyön nopeuttamisen kannalta. Eristemastiksia ei kuitenkaan ole kaikkialla Suomessa saatavissa ja toisaalta mastiksieristysten laadussa on ollut työvirheistä johtuvia puutteita ja sen käyttöikä on muita eristystyyppejä lyhyempi.

Nestemäisenä levitettävät eristykset (yleensä polyuretaaneja) ovat varsin nopeasti levitettäviä ja laadultaan hyviä, mutta ne eivät ole yleensä pärjänneet hintakilpailussa.

Missään tapauksessa siltaa ei kannata jättää eristämättä, kun kanteen tehdään avoin asfalttibetonipäällyste. Kloridit imeytyvät asfalttipäällysteen läpi betonikanteen ja päällyste peittää alleen syntyvät rapautumis- ja korroosiovauriot.



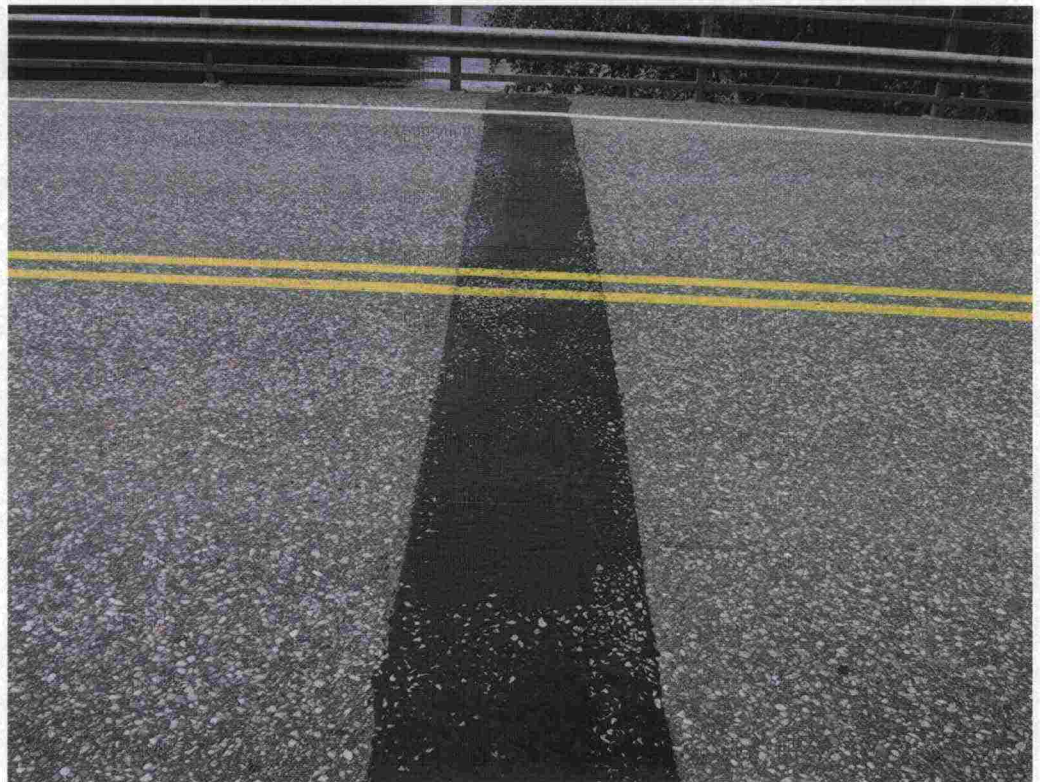
## 2 LIIKUNTASAUMALAITTEET JA TUKIKAISTAT

### 2.1 Yleistä

**Liikuntasaumalaite** on sillan alus- ja päällysrakenteen rajakohtaan tai päällysrakenteen osien väliin lämpöliikkeiden ja muodonmuutosten mahdollistamiseksi rakennettu laite, joka estää liikuntasaumaan kohdistuvien voimien siirtymisen rakenneosasta toiseen ja sallii rakenneosien liikkeen.

**Tukikaista** on liikuntasaumalaitteen viereen valettu matala koroke, joka suojaa laitetta kunnossapitokaluston tai päällysteen kulumisen aiheuttamilta vaurioilta.

**Massaliikuntasauma** on liikuntasaumarakenne, joka valmistetaan sekoittamalla kuuma elastinen sideaine kuumennettuun kiviainekseen.



Kuva 2.1. Massaliikuntasauma.

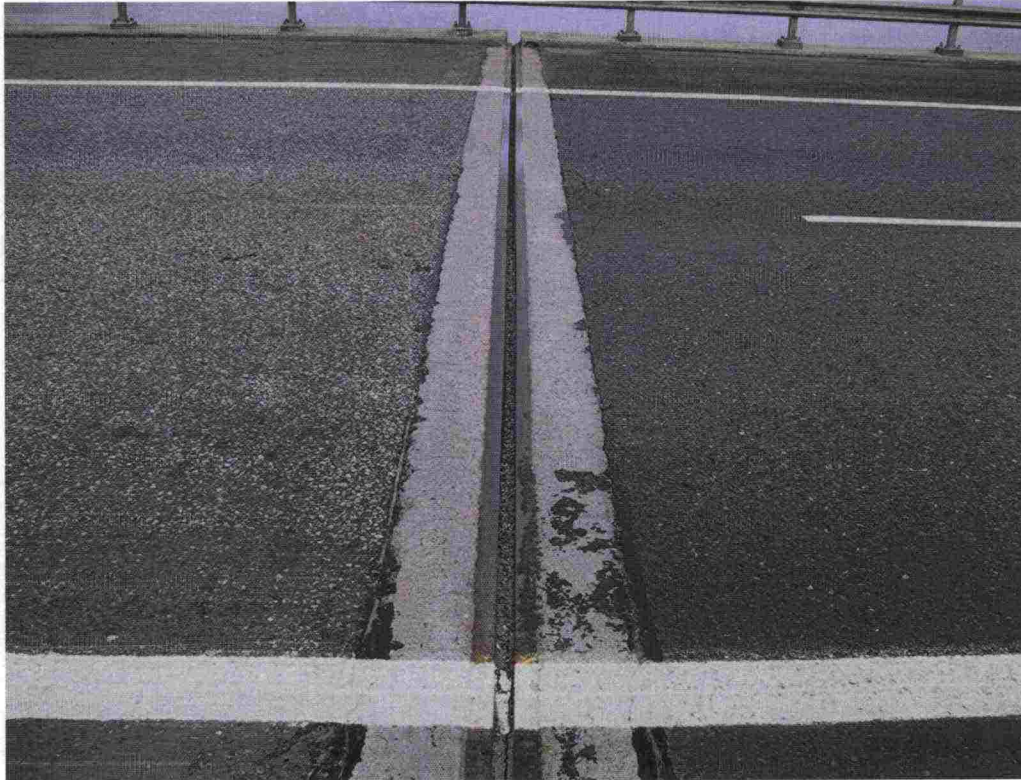
Liikuntasaumalaitteiden vaurioita ovat:

- Kumiprofiili tai teräsosia on irronnut.
- Kumiprofiili on rikki.
- Laite ei ole vesitiivis.
- Laitteen kiinnitys on löystynyt (laitteesta lähtee ääntä).
- Laitteen kiinnitys on irronnut ja kiinnitysalustan betonirakenteissa on rapautumis- tai korroosiovaurioita.

Tukikaistojen vaurioita ovat kuluminen, halkeilu ja lohkeilu.



Massaliikuntasauman vaurioita ovat saumarakenteen reunoihin tai keskelle syntyvät halkeamat tai deformaatiovauriot, jolloin ajourien kohdalle syntyy painumat ja sillan reunoihin massapalteet.



Kuva 2.2. Puhdistuksen laiminlyönnit aiheuttavat liikuntasaumalaitteen kumiprofiilin rikkoutumista ja irtoamista.

Suhteellisen lyhytkestoisia korjaustoimenpiteitä ovat

- kumiprofiilin uudelleen asennus tai uusiminen
- irronneiden teräsosien kiinni hitsaaminen
- ruuvikiinnitteisen liikuntasaumalaitteen löystyneiden ruuvien kiristäminen
- betonisen tukikaistan halkeamien sulkeminen epoksilla imeyttämällä
- valuasfaltti- ja kumivaluasfalttitukikaistojen kulumisurien paikkaaminen vastaavalla massalla
- massaliikuntasauman korjaaminen.

Pitempiaikaisia korjaustoimenpiteitä, joiden toteuttamiseen tulisi pyrkiä kehittämään liikennehaittojen vähentämiseen auttavia menetelmiä, ovat

- valukiinnitteisen laitteen löystyneen tai irronneen kiinnityksen kunnostaminen
- laitteen uusiminen vesitiiviinä liikuntasaumalaitteena
- pahoin kuluneiden, halkeilleiden tai lohkeilleiden tukikaistojen uusiminen.

## 2.2 Purkutyöt

Vanhan liikuntasaumalaitteen irrottamista varten poistettavat betonirakenteet piikataan maakiilavasarella ja paikalleen jäävää betonipintaa lähestyttäessä kevyellä piikkausvasaralla. Vesipiikkaus on vaihtoehtoinen ja suositeltavakin purkumenetelmä, mutta kalustoa ei yleensä kannata tuoda paikalle pelkäs-

tään liikuntasaumatyöhön. Jos silta on jännitetty, on piikattaessa varottava erityisesti ankkurialueita.

Jos kannen pintarakenteita ei poisteta laajemmin, korjattava alue rajataan timanttisahalla suoraviivaisesti siten, että liikuntasaumalaitteen uusimis- tai kunnostustyöt voidaan tehdä vaivattomasti. Liikuntasaumasta poistetaan mahdolliset muotit ja muut rakennusjätteet ja pinnat pestään suurpaine pesulla (150–250 bar).

### 2.3 Liikuntasaumalaitteen asentaminen

Liikuntasaumalaitteesta on aina laadittava suunnitelma. Lopullisen asennussuunnitelman laatii yleensä laitteen toimittaja.

Valuun kiinnitettävän liikuntasaumalaitteen asentaminen tehdään yleensä seuraavasti:

- Puretun osan vanha rauditus kunnostetaan ja vaurioituneet teräkset uusitaan tarvittaessa.
- Liikuntasauvan muotti tehdään niin, että sauma täyttää valitun laitetyypin asettamat vaatimukset. Saumaa voidaan tarvittaessa myös avartaa tai kaventaa.
- Asennusteräket juotetaan tai hitsataan paikoilleen.
- Saumalaite asennetaan paikalleen laitteen myyjän toimittamilla säädettävillä apuvälineillä, joilla laite kiristetään asennuslämpötilan mukaiseen asennusennakkoon.
- Kiinnitysvalu tehdään massamenekistä riippuen joko vakiobetonilla tai suunnitelman mukaisella valmisbetonilla. Muotti poistetaan valun jälkeen.
- Kumiprofiilit ja puuttuvat teräsosat asennetaan paikoilleen.



Kuva 2.3. Valukiinnitteisen kaksielementtisen liikuntasaumalaitteen asentaminen.



Ruuvikiinnitteisen laitteen asentaminen etenee yleensä seuraavasti:

- Liikuntasaumalaitteen osat sovitetaan paikoilleen ja asennusennakko lämpötilan mukaiseksi. Ruuvien paikat merkitään asennusalustaan.
- Kiinnitysruuviin reiät porataan lieriö- tai iskuporalla ja reiät puhdistetaan imurilla.
- Asennusalusta käsitellään ja tiivistetään laitekohtaisten ohjeiden mukaisesti.
- Saumalaite kiinnitetään kemiallisilla ankkureilla. Mutterit kiristetään momenttiavaimella asennussuunnitelman mukaiseen kireyteen.
- Kiinnitysruuviin kolot täytetään tarvittaessa kumibitumipohjaisella plastisella saumaussmassalla.

## 2.4 Tukikaistat

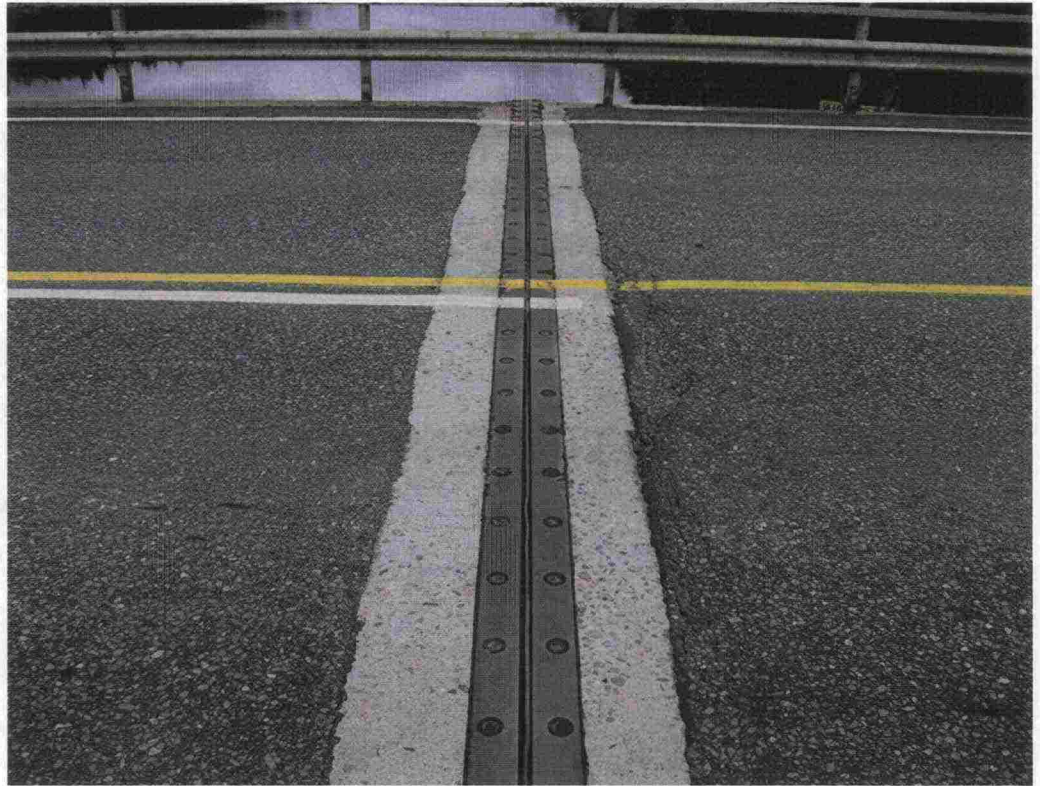
Tukikaistojen materiaalina on käytetty enimmäkseen teräskuiduilla vahvistettua juotosbetonia, betonimuovia (epoksibetonia) ja valuasfalttia.

Tiehallinnon vuonna 2002 tekemän seurantatutkimuksen tuloksena oli, että juotosbetonista valetuissa tukikaistoissa oli runsaasti kulumis-, halkeilu- ja lohkeiluvaurioita. Epoksibetonista tehdyt tukikaistat olivat kulumiskestävyydeltään huomattavasti parempia, mutta yllättävää niissä oli lohkeiluvaurioiden suuri määrä. Tutkimuksen aikaan alkoi yleistyä valuasfalttitukikaistojen käyttö ja vaikka niiden otos tutkimuksessa oli vielä pieni, tulokset olivat varsin positiiviset. Valuasfaltin käyttö tukikaistamateriaalina on suositeltavaa myös sen takia, että sen korjaaminen ja uusiminen on betonirakenteita helpompaa ja nopeampaa. (*Siltojen rakentamisen ja korjaamisen seuranta. Seurantaraportti, osa 2. TIEH 3200793*).

Valuasfaltin ja betonimuovin ohella tukikaistamateriaalina voi tulla kyseeseen erittäin nopeasti kovettuva vakiobetoni, jonka vesisideainesuhde on enintään 0,40 ja lujuus vähintään 60 MPa (esimerkiksi Korjausbetoni SRL-60/6/RH).

Jotta liikenteen aiheuttama tärinä ei aiheuttaisi sitoutumisen aikaista varhaishalkeilua, betonirakenteisen tukikaistan valun ajaksi työkohteeseen on asetettava raskaille ajoneuvoille nopeusrajoitus 15 km/h siihen asti, kun betoni saavuttaa lujuuden 12 MPa.

Tukikaistan materiaalista riippumatta sen ja päällysteen väliin on aina tehtävä 20 mm leveä sauma, joka täytetään kumibitumipohjaisella elastisella saumaussmassalla.



*Kuva 2.4. Juotosbetonista tehty tukikaista on vielä varsin hyvässä kunnossa mutta tukikaistan ja päällysteen väliset saumaukset puuttuvat.*

## 2.5 Massaliikuntasaumat

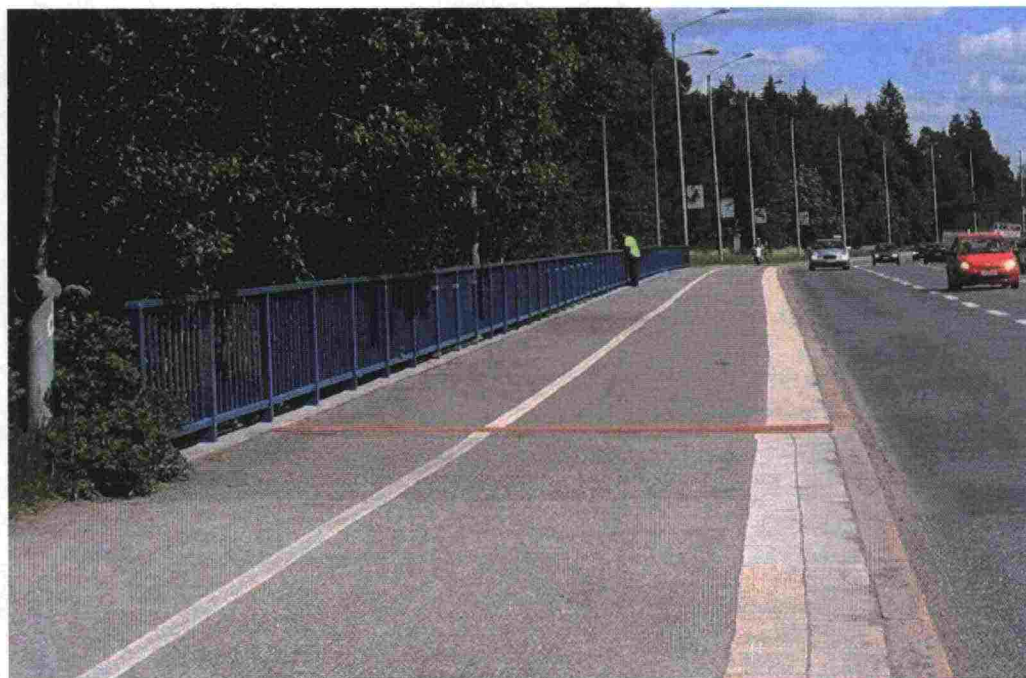
Massaliikuntasauman kulumis- ja irtoamisvaurioita voidaan korjata. Jos liikuntasaumamassa on deformatunut tai sauman keskellä on merkittävä pituussuuntainen halkeama, saumarakenne joudutaan yleensä uusimaan. Korjaus- tai uusimistyön saa tehdä vain materiaalintoimittajan valtuuttama urakoitsija. Korjaamisen työkohtaiset laatuvaatimukset on esitetty SILKO-ohjeessa 2.712.

Perinteisen 500 mm leveän massaliikuntasauman rinnalle markkinoille on tullut edelleen kehitettyjä vastaavia rakenteita, joissa massan sisään sijoitetaan erikoisrakenteinen liike- ja voimanjakoelementti. Niille luvataan suurempi, jopa 50–90 mm:n kokonaisliikevara, mutta niiden varmasta toimivuudesta ei ole Suomessa vielä kokemuksia.

Suunniteltaessa suuren liikevaran omaavia massaliikuntasaumoja liikkuvien laakerien kohdalle silloilla, joissa liikkeet eivät ole symmetriset sillan keskipisteen suhteen (toisesta päästään kiinnitetyt sillat), kiinteiden laakereiden kestävyydestä on varmistuttava.

Värillistä sirotetta on käytetty massaliikuntasauman pinnassa kevyen liikenteen väylän kohdalla sauman havaittavuuden parantamiseksi. Väriä voitaisiin kokeilla myös ajoradalla, jotta voitaisiin ehkäistä valitettavan usein tapahtuva massaliikuntasauman yli asfaltointi tien päällystystöissä.





*Kuva 2.5. Värillinen massaliikuntasauma kevyen liikenteen kaistalla.*

## **2.6 Apusillat**

Liikennehaittojen vähentämiseen tarkoitettuja apusilloja ja sillakkeita käsitellään luvussa 8.

### 3 KORJAUSVÄLINEET JA TYÖKONEET

Korjausvälineiden ja työkonien tehoja, kokoa ja käyttökelpoisuutta selvitetiin sillankorjaustöiden ja rakennuskonevuokraamojen ammattilaisten avulla. Selvitysten perusteella esitetään ohjeita ja suosituksia sillankorjaustöiden eri työvaiheissa käytettävien laitteiden tarvittavista ominaisuuksista.

#### 3.1 Voimayksiköt

Tiehallinnon SILKO-projekti on jo useiden vuosien ajan suositellut sillankorjausvälineiden käyttövoimaksi hydraulikkaa, etenkin purkutöissä. Hydraulisten piikkauslaitteiden on useissa tutkimuksissa todettu aiheuttavan muihin mekaanisiin piikkauslaitteisiin verrattuna vähemmän säröilyä piikattuun betonirakenteeseen ja laitteet ovat myös käyttäjäystävällisempiä vähemmän tärinän ja melun ansiosta. Suosituksesta huolimatta paineilma- ja sähkötoimiset välineet ovat vieläkin yleisimmin käytettyjä.

**Kompressor**i on perinteinen voimayksikkö, jota tarvitaan paineilmalla toimivia korjausvälineitä käytettäessä. Esimerkiksi normaali paineilmavasara tarvitsee paineilmatuottoa noin 4,5 m<sup>3</sup>/min. Sillankorjaustöiden päävoimayksiköksi sopivien kompressorien ominaisuuksia ovat:

- polttomoottoriteho 7–70 kW
- paine 6–10 bar
- tuotto 5–10 m<sup>3</sup>/min
- paino 1000–1900 kg.

**Sähköaggregaatti**a käytetään joko yksin tai muun voimansiirron apuna. Jos aggregaatti on korjaustyömaan päävoimayksikkö, tehoa tarvitaan 30–80 kW. Tällöin voimayksikkö on yleensä dieselkäyttöinen, varsin suurikokoinen ja painoltaan 1000–1800 kg. Pienten työvälineiden voimayksiköksi yksittäisiin töihin riittää 3–5 kW:n polttomoottorikäyttöinen sähköaggregaatti.

**Hydraulinen voimayksikkö** voi olla hydraulisaggregaatti, kuorma-auto, traktori tai muu työkon. Viime aikoina yleistyneet pienkuormaajat sopivat muiden käyttömahdollisuuksiensa ohella hyvin hydraulivoiman lähteeksi ja niihin on saatavissa ja liitettävissä lähes kaikki korjaustöissä tarvittavat työkonet. Sillankorjaustöihin sopivien hydraulisten voimayksiköiden ominaisuuksia ovat:

- polttomoottoriteho 5–30 kW
- paine 100–400 bar
- tuotto 15–100 l/min
- jäähdytysteho 2–5 kW
- paino 50–1000 kg.

#### 3.2 Piikkausmenetelmät

##### Paineilmavasarat

Kevyitä piikkausvasaroita käytetään pienissä kohteissa ja raskaammilla välineillä tehdyn piikkauksen viimeistelyssä lähestyttäessä korjausalustaksi jäävää betonipintaa. Erittäin kevyen piikkausvasaran paino on enintään 5 kg ja ilmankulutus noin 0,5 m<sup>3</sup>/min. Keskiraskaan piikkausvasaran paino on 5–15

kg ja ilmankulutus noin  $1,5 \text{ m}^3/\text{min}$ . Paineilmavasareiden käyttö käsin piikkauksessa on viime vuosina vähentynyt sähkökäyttöisten vasareiden käyttöominaisuuksien parantumisen takia.

Maakiilavasaraa käytetään piikattaessa kannen pintarakenteita, reunapalkkeja ja liikuntasaumalaitteiden tukikaistoja. Maakiilavasaran paino on 15–45 kg ja ilmankulutus  $1,5\text{--}2,5 \text{ m}^3/\text{min}$ .

Raskaat paineilmavarat soveltuvat lähinnä reunapalkin piikkaukseen silloin, kun reunapalkki poistetaan kokonaan. Piikkausjälki on karkea ja se on viimeisteltävä kevyemmillä laitteilla tai vesipiikkauksella. Raskaita paineilmavaroita on käytettävä hydraulisen työkonen puomiin kiinnitettynä. Niiden paino on 100–1000 kg, ilmankulutus  $4\text{--}20 \text{ m}^3/\text{min}$  ja iskunopeus 600–1100 iskua/min.

### Sähkökäyttöiset piikkausvarat

Sähkökäyttöisiä piikkausvasaroita suositellaan käytettäväksi pienissä kohteissa ja viimeistelypiikkauksissa. Niiden paino on 5–30 kg ja ottoteho 900–2200 W. Sähkökäyttöisistä piikkausvasaroista saadaan alhaisempi iskuenergia kuin paineilma- ja hydraulisista vasaroista.

### Hydrauliset piikkausvarat

Käsi käyttöisten hydraulisten piikkausvasareiden paino on 10–40 kg ja iskunopeus 1000–3000 iskua/min. Öljyn tarve on 15–60 l/min. Öljy saadaan yleensä hydraulisesta voimayksiköstä mutta myös yhteys jonkin hydraulisen työkonen hydraulijärjestelmään on mahdollinen.

Raskaita hydraulisia piikkausvasaroita on käytettävä painon ja suuren iskuenergian takia hydraulisen työkonen puomiin kiinnitettynä. Niiden paino on 80–2000 kg ja iskunopeus 200–1200 iskua/min. Öljyn kulutus on 30–120 l/min. Hyvin kiinnitettynä piikkausvasaraa voi käyttää sekä pysty- että vaakasuunnassa.

Hydraulinen piikkausvasara soveltuu myös vedenalaisen työskentelyyn. Hydraulisen vasaran voi käynnistää ja pysäyttää veden alla, mikä ei ole mahdollista paineilmavasaralla. Sähkökäyttöisiä piikkausvasaroita ei voi käyttää veden alla.

### Taltat

Talttoja on hyvin erikokoisia, -pituisia ja -painoisia. Hydraulisiin piikkausvasaroihin on saatavana rajoitetumpi valikoima talttoja kuin paineilma-vasaroihin. Talttatyyppinä ovat mm.

- piikkitaltta
- tasataltta
- kourutaltta
- karhennustaltta
- lapiotaltta.



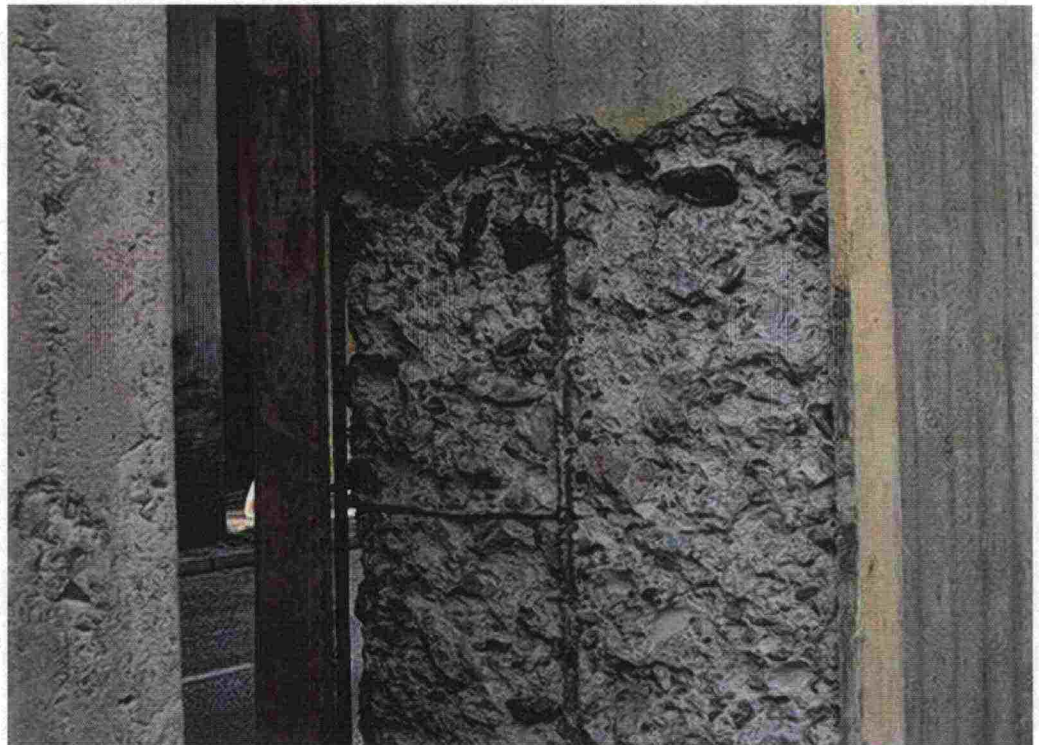
Taltan muoto riippuu piikattavasta kohteesta. Kovaa betonia piikattaessa piikkitaltta on tehokkain, tasataltta sopii heikommille betoneille. Kourutaltta on tarkoitettu lohkaisemiseen ja karhentamiseen. Karhennustalttaa käytetään nimensä mukaisesti kivi- ja betonipintojen karhentamiseen. Lapiotaltalla piikataan asfalttia.

### Vesipiikkaus

Vesipiikkaus on useimmissa sillankorjaustöissä suositeltavin menetelmä betonin vaurioituneen pintakerroksen poistamiseen. Vesipiikkauksen etuna on, että

- se ei vaurioita raudoitusta
- se puhdistaa samalla raudoitustangot
- se poistaa vain huonon betonin ja luja jää jäljelle
- se aiheuttaa vähän tai ei lainkaan mikrohalkeilua paikalleen jäävään betoniin

vesipiikattu pinta on hyvä korjausalusta uudelle betonivalulle tai ruiskubetonoinnille.



Kuva 3.1. Pilarin vesipiikattua pintaa.

Laajojen pintojen vesipiikkaus tulee tehdä piikkausroboteilla, jotka erilaisiin työkonseihin kiinnitettynä soveltuvat vaakapintojen lisäksi myös seinä- ja alapintojen piikkaukseen. Ahtaissa paikoissa vesipiikkaus tehdään käsin ohjattavalla tai hydraulisesti ohjattavaan puomiin kiinnitetyllä ruiskutuspuistoolilla. Vesipiikkaus sopii erinomaisesti myös vedenalaisiin purkutöihin.

Vesipiikkauksen teho vaihtelee suuresti betonin laadusta, piikkaussyvyydestä ja paikallisista olosuhteista riippuen. Keskimääräiset työsaavutukset kahdeksan tunnin työvuorossa ovat suuruusluokaltaan seuraavia:



<u>Piikkaussyvyys</u>	<u>Työsaavutus</u>
0–30 mm	50–100 m <sup>2</sup> / työvuoro
30–60 mm	30–60 m <sup>2</sup> / työvuoro

Vesipiikkauslaitteiston osalta piikkaustehoon vaikuttavat suutin, paine ja vesimäärä. Paine ja vesimäärä ovat kääntäen verrannollisia toistensa suhteen. Ammattitaitoinen vesipiikkausurakoitsija määrittää paineen ja vesimäärän tapauskohtaisesti halutun lopputuloksen ja työn alussa tehtävien koepiikkausten perusteella. Käytettävät paineet ovat piikkausroboteissa yleensä 700–1500 bar ja vesimäärä vastaavasti 200–130 l/min. Suurempikin paine jopa 3000 bariin asti on mahdollinen. Käsien ohjattavilla laitteilla vesimäärä on pienempi.

Vesipiikkaus on aliurakkana tehtävää erikoistyötä. Tiehallinnon käyttämien sillankorjauksen erikoistöiden urakoitsijoiden luettelossa on yhdeksän vesipiikkausurakoitsijaa, joilla kaikilla on käytössään vesipiikkausrobotti.

### 3.3 Leikkausmenetelmät

#### Timanttisahaus

Timanttisahaa käytetään mm.

- poistettaessa jokin rakenneosaa, esimerkiksi maatuen otsamuurin yläosa tai kannen reuna-alue
- purettavan alueen rajaamiseen
- leikattaessa kutistumissaumojen asfalttipäällysteeseen tai betoniseen ajotielaattaan.

Timanttisahat ovat sähkö- tai hydraulikäyttöisiä. Pieniä käsikäyttöisiä sahoja on myös polttomoottorikäyttöisenä ja ne ovat vastaavia sähkökäyttöisiä sahoja tehokkaampia, noin 6 kW ja 2 kW. Käsikäyttöisellä sahalla voidaan sahata noin 150 mm:n syvyyteen. Suuremmissa sahausvyvyksissä tarvitaan kiskoa pitkin ohjattavaan vaunuun kiinnitettyä järeämpää sahaa, jonka teho on 10–15 kW. Tällaisella sahalla päästään normaalisti noin 400 mm:n ja korkeintaan 650 mm:n syvyyteen.

Timanttiteriä on monenkokoisia, halkaisijat ovat 200–1500 mm. Terässä tulisi olla merkintä suositeltavasta kierros- tai kehänopeudesta, sillä väärällä nopeudella terä kuluu nopeasti. Sahattaessa on käytettävä myös riittävästi vettä, etenkin jos betonin runkoaine on kovaa ja suurirakeista tai joudutaan leikkaamaan raudoitustankoja. Pienitehoisissa sahoissa voidaan käyttää myös kuivaleikkausterää mutta tällöin sahaussyvyys voi olla enintään noin 100 mm.

### 3.4 Jyrsintämenetelmät

#### Tasojyrsintä

Vedeneristyksen alustan pienten epätasaisuuksien ja nystyröiden poistamiseen on suositeltavaa käyttää pienehköjä kevyitä jyrsimiä, joiden jyrsintäleveys on 200–300 mm ja jyrsintäsyvyys 1–3 mm. Niiden tehontarve on 2000–

7500 W ja paino 80–300 kg. Tällaisten jysinten työteho eristysalustan kunnostuksessa on noin 100–150 m<sup>2</sup> työvuoron aikana.

Valettujen tasopintojen vähäisten epätasaisuuksien poistamiseen soveltuvat myös lattianhiomakoneet, joihin voidaan asentaa paperi-, kivi- tai timanttilaikka. Niiden työleveys on noin 400 mm, tehontarve 1000–1500 W ja paino 35–60 kg.

Laajoja asfaltti- tai betonipintoja poistettaessa asfaltinjyrsin on tehokkain. Ellei rauditus ole esteenä, tehokkaimmilla asfaltinjyrsimillä voidaan poistaa 50–60 mm:n kerros yhdellä jysintäkerralla. Suuria tehokkaita jyrsinlaitteita ei kuitenkaan tulisi käyttää betoninkorjaustöissä, koska niiden jysintäjälki on karkea ja betonin pintaan syntyy haitallista mikrohalkeilua.

### **Tasopesu**

Tasopesu on jysinnälle vaihtoehtoinen vesipiikkauskalustolla tehtävä vedeneristyksen alustan kunnostusmenetelmä. Se on yleensä jysintää kalliimpi mutta sitä voidaan harkita silloin, kun korjaustyömaalla on tehdään varsinaista vesipiikkaustyötä.

## **3.5 Porausmenetelmät**

### **Iskuporaus**

Iskuporausta käytetään mm. rauditustankojen ankkuroinnissa ja kloridinäytteiden ottamisessa. Joissakin iskuporakoneissa on myös piikkausvasaran toiminnot.

Kevyiden iskuporakoneiden teho on 600–1000 W, paino 2,5–5 kg ja iskuenergia 1,8–2,5 J. Hieman raskaampien poravasaroiden teho on 1000–1400 W, paino 5–10 kg ja iskuenergia noin 8 J. Suuriin ja vaativiin porauksiin on lisäksi saatavissa raskaita syöttölaitteeseen kiinnitettäviä porakoneita.

Iskuporauksissa käytettävien kovametalliterien kokovalikoima on laaja. Sillankorjaustöissä tarvitaan yleisimmin 13–40 mm:n teriä. Käytettävän terän koko vaikuttaa porakoneen tehontarpeeseen ja porattaessa betoniin yli 15 mm:n reikiä onkin syytä käyttää tehokasta poravasaraa.

### **Lieriöporaus (timanttiporaus)**

Lieriöporalla tehdään mm. syöksytorvien, tippuputkien ja paineentasausputkien reiät kansilaatan läpi ja otetaan koekappaleita betonirakenteista. Lieriöporaus voi käyttää myös timanttisahauksen yhteydessä nurkissa, joihin sahanterä ei ulotu.

Porauslaitteisto kiinnitetään betonipintaan kiila-ankkureilla tai laitteeseen kuuluvalla alipainelevyllä. Poratessa tarvitaan terälle vesijäähdytys. Poratun lieriöreian pinta on hyvin sileä, mikä tulee ottaa huomioon hyvää tartuntaa vaativissa tapauksissa.

Sillankorjaustöihin sopivan timanttiporakoneen teho on 1500–3300 W, paino 8–25 kg ja lieriöporien kokovalikoima 20–400 mm.





Kuva 3.2. Näytteenottoa pintarakenteesta lieriöporalla.

### 3.6 Pinnanpuhdistusmenetelmät

Suihkupuhdistuksella tarkoitetaan betoni- tai teräspinnan mekaanista puhdistusta ja karhennusta paineilma-, painevesi- tai sinkolaitteella. Sillankorjauksissa on perinteisesti käytetty yleisimmin painekammiotyypisiä avopuhalluslaitteita, joilla hiekkarakeet puhalletaan paineilmalla kohti puhdistettavaa pintaa. Menetelmä on tehokas mutta melu ja pöly ovat ongelmia. Pölyhaitta voidaan poistaa märkäpuhalluslaitteella mutta tällöin puhdistusteho laskee huomattavasti. Vähitellen yleistymässä olevat sinkopuhdistuslaitteet ovat erittäin tehokkaita, mutta niiden käyttö soveltuu lähinnä rakenteiden yläpinoille.

Betonipintojen pinnoitustöiden esikäsittelyä tehtäessä rakenteiden pinnoilla olevat suolat on poistettava vesipesulla harjaten ennen suihkupuhdistamista, koska muutoin suolat iskostuvat kiinni betonipintaan.

#### Hiekkapuhallus

Puhallusmateriaalina käytetään yleensä kvartsi- tai muuta luonnonhiekkaa rakeisuudeltaan 0,5–1,7 mm. Puhdistusteho riippuu raemateriaalin kovuudesta, rakeiden muodosta, koosta ja määrästä sekä ilmamäärästä, suihkupuhdistussuuttimen rakenteesta, puhalluskulmasta ja -etäisyydestä. Tarvitava ilmanpaine on 6–8 bar. Työsaavutus vaihtelee vaadittavasta pinnasta riippuen 25–75 m<sup>2</sup>/h. Pölyn ja hiekkapuhallusjätteiden leviäminen ympäristöön on usein estettävä peitteillä.



Hiekkapuhallusta tehdään sekä sillankorjausurakoitsijan omana työnä että aliurakointina.

### **Vesihiekkapuhallus**

Vesihiekkapuhalluslaite toimii ejektoriperiaatteella, jossa paineinen vesi saa suuttimen ejektorissa aikaan imun raesäiliöön johdettuun puhallusletkuun. Kuivaa hiekkaa saadaan sekoittumaan noin 10 kg 100 litraan vettä. Tarvittava paine on 100–200 bar. Menetelmä on hidas, työsaavutus on 5–10 m<sup>2</sup>/h. Melu on vähäisempi kuin hiekkapuhalluksessa ja pölyhaittaa ei luonnollisestikaan ole. Puhdistuksessa syntyvä liete on poistettava pinnoilta heti suurpaine pesulaitteella.

Vesihiekkapuhallus tehdään yleensä aliurakointina, koska työ edellyttää erikoislaitteistoa ja sen käytön tuntemusta.

### **Sinkopuhdistus**

Metallikuulasinko on kehitetty alunperin lattioiden puhdistamiseen mutta siitä on kehitetty myös ripustettava laite, jota voidaan käyttää pystypintojen puhdistamiseen. Laite toimii siten, että sinkopyörä saa metallikuulat liikkeeseen ja ne iskeytyvät puhdistettavaan pintaan. Tehokas imuri imee pölyn ja haulit pois ja haulit palaavat uuteen kiertoon. Laite on hiljainen ja pölyhaittaa ei ole.

Laitteet painavat noin 300 kg imureineen. Laitteiston työleveys on 200–500 mm ja sinko poistaa betonipinnasta 1–2 mm:n kerroksen. Menetelmä on melko nopea, työsaavutus on 40–90 m<sup>2</sup>/h. Haittapuolena on, että sivuesteen viereen jää noin 100 mm:n kaista, joka on puhdistettava muulla tavoin.

Sinkopuhdistusta tehdään sekä sillankorjausurakoitsijan omana työnä että aliurakointina.

### **Suurpaine pesu (korkeapaine pesu)**

Suuria pintoja pestäessä suositellaan käytettäväksi suurpaine pesulaitetta, jonka vedenkulutus on 15–20 l/min ja paine 150–250 bar. Betonipintojen pesussa tulee käyttää lämmintä vettä (50–70 °C) ja alkalista pesuainetta. Pesuaineen annetaan vaikuttaa 1–2 min, jonka jälkeen alkalijätteet huuhdellaan pois.

Suurpaine pesua tehdään sekä sillankorjausurakoitsijan omana työnä että aliurakointina.

## **3.7 Työ- ja suojakalustot**

### **Teline- ja muottikalustot**

Sillankorjaustöissä telinerakenteita tarvitaan yleisimmin työtelineinä ja estämään purkujätteiden putoaminen alla kulkevan liikenteen päälle tai vesistöön. Rakenteiden tukemiseen telineitä tarvitaan etenkin sillan leventämisessä ja vaativissa, laajaa purkamista edellyttävissä korjauksissa. Telineinä voi käyttää siirreltäviä telineitä, uloketelineitä, riipputelineitä tai erilaisia te-

linekalustoja. Telineiden on aina oltava riittävän tukevia ja työ- ja suojatelineohjeiden mukaisesti mitoitettuja.

Tässä projektissa on kehitetty reunapalkin uusimiseen uudelleen käytettävä muottikalusto, joka on suunniteltu mahdollisimman moneen eri reunapalkkityyppiin ja siltatyyppiin sopivaksi (ks. luku 4).

Suurilla rakennuskonevuokraamoilla on laaja valikoima monikäyttöisiä nopeasti koottavia teräs- ja alumiinirakenteisia telinekalustoja sekä joustavasti käytettäviä monimuotoisiin kohteisiin soveltuvia muottikalustoja, joista voidaan koota asianmukaiset telineet ja muotit erilaisiin tarpeisiin. Kalustotoimintuksiin kuuluvat myös kaikki kokoamisessa tarvittavat liitoselimet ja muottitarvikkeet. Vuokraamot tarjoavat myös teline- ja muottirakenteiden suunnittelu- ja kokoamispalveluja.

### **Sääsuojat ja lämmityslaitteet**

Yksilöidyt vaatimukset sääsuojan käytöstä on annettu vedeneristystöiden tekemiseen (InfraRYL 42300, SYL 6). Sääsuojaa on syytä käyttää muulloinkin, jos sääolot ja työvaihe, esimerkiksi betonivalu, sitä edellyttävät työn sujuvan etenemisen tai vaadittavan laatutason saavuttamiseksi.

Sääsuojan tulee olla helposti ja nopeasti koottava rakenne, joka mahdollistaa eri työvaiheet sillan kannella ja mahdollisesti myös lämmityksen sääsuojan sisällä. Joissakin kohteissa myös kuljetuskalustolla ajaminen sääsuojan sisälle voi olla tarpeellista. Tämän vuoksi sääsuojan korkeuden tulee olla tarpeeksi suuri.

Tässä projektissa on kehitetty yhden kaistan leveydelle soveltuva sääsuoja, jonka maksimikorkeus on 3,3 metriä (ks. luku 5).

Suurilla rakennuskonevuokraamoilla on tarjolla muunneltavia sääsuojarakenteita sekä yksittäisiä lämmittimiä ja kokonaisia lämmitysjärjestelmiä. Teräksisten suojarakenteiden runkoleveydet ovat 5–25 m ja korkeudet 2,3–6 m. Runkorakenne toimitetaan valmiina lohkoina, joita voi siirrellä nosturilla ja yhdistää toisiinsa pultti- ja tappiliitoksilla. Katteena on yleensä PVC- tai polyesterimuovikangas. Vuokraamot tarjoavat myös suojarakenteiden suunnittelu- ja kokoamispalveluja.

Lämmityslaitteita on monentyyppisiä ja -tehoisia. Käyttövoimana voi olla sähkö, nestekaasu tai polttoöljy.

### **3.8 Pienkaivurit ja -kuormaajat**

Pienkoneiden käytöllä voidaan saada korjaustöiden eri työvaiheiden tarvitseman tilan säästää ja siten pienentää liikennehaittoja. Tällainen työvaihe on esimerkiksi reunapalkin purkaminen.

Pienkaivureita on sekä vuokrattavana että myytävänä laaja kokovalikoima. Koneiden teho vaihtelee 7–70 kW, paino 800–12000 kg ja suurin kaivussyvyys 1,5–4,7 m.



Myös pienkuormaajia on laaja kokovalikoima sekä vuokrattavana että myytävänä. Koneiden teho vaihtelee 17–58 kW, paino 900–8500 kg ja maksimi kaatokuorma 650–3000 kg.

### 3.9 Henkilönostimet

Henkilönostinten käyttö telineiden sijasta voi olla edullista lyhytkestoisissa ja pienialaisissa korjauksissa. Turvavaljaiden käyttö henkilönostimessa työskenneltäessä on suositeltavaa.

Henkilönostimen valinnassa on otettava huomioon laitteen nostokyvyn ja ulottuvuuden lisäksi käyttöolosuhteet. Pyöröalustaiset nostimet ovat nopeita siirrettäviä tasaisella hyvällä alustalla. Epätasaisessa tai kaltevassa maastossa liikuttaessa tarvitaan tela-alusta tai neliveto.

Henkilöiden nostamiseen käytetään ensisijaisesti tähän tarkoitukseen valmistettuja nostolaitteita, henkilönostimia. Aina uudessa kohteessa henkilönostimelle on tehtävä käyttöönottotarkastus ja jokaisen työpäivän alussa päivittäinen tarkastus. Tarkastusohjeet ovat laitteen käyttöohjekirjassa. Tarkastuksissa varmistetaan mm. maapohjan kantavuus ja nostimen tuenta sekä hallintalaitteiden, hätäpysäytyksen, varalaskujärjestelmän, äänimerkin, jarrujen ja rajakytkimien toiminta.

#### Puominostimet

Hinattavissa puominostimissa on paljon ja monenkokoisia malleja. Osa malleista on varustettu ajolaitteella, jolloin ne ovat helposti siirrettävissä työmaalla. Laitteiden nostokyky on 120–200 kg, ulottuvuus ylöspäin 8,5–28 m ja sivullepäin 8–12 m.

Autoalustalla olevien puominostimien lavakantavuus on 200–400 kg, ulottuvuus ylöspäin 22–70 m, sivullepäin 12–24 m ja alaspäin 0–8 m.



Kuva 3.3. Ajolaitteella varustettu hinattava puominostin.



### Saksilavat

Saksilavojen etuna puominostimiin verrattuna on niiden suurempi työskentelylava ja nostokyky. Saksilavoja on monenkokoisia ja suuri osa malleista on varustettu ajolaitteella. Laitteiden nostokyky on 150–1400 kg ja ulottuvuus ylöspäin 3–32 m.

### Siltakurjet ja Hiabit

Varsinaisia siltakurjeksi rakennettuja laitteita on vain muutamia. Niiden ulottuvuus alaspäin on 10–13 m ja sillan alle 8–10 m.

Kuorma-autoihin asennettuja suuria Hiab henkilönostimia on runsaasti eri puolilla maata. Niiden ulottuvuus alaspäin on 4–7 m ja sillan alle 4–8 m.

Siltakurkia ja Hiabeja käytetään alihankintapalveluna.



Kuva 3.4. Hiab-siltakurki sillan ylläpitotyössä.

## 3.10 Betonityövälineet

### Betoni- ja laastisekoittimet

Betonisekoittimien käyttövoimana on useimmiten sähkö, joko valo- tai mavirta, mutta käyttövoimana voi olla myös polttomoottori. Yleisimpien betonimyllyjen massakapasiteetti on 100–150 litraa, suurimpien 210 litraa. Tasekoittimia on massakapasiteetiltaan 20–300 litraisia, joista pienimmät soveltuvat hyvin korjauksissa käytettävien kuivatuotteiden sekoittamiseen.

## Tärypalkit

Tärypalkkeja käytetään tuoreen betonin tiivistämiseen, erityisesti betonilaa-tan pintakerroksia valettaessa. Laitteen valintakriteereistä tärkein on tärypal-kin sopivuuden varmistaminen tärytettävään massa- ja rakenteisiin. Täry-palkkien tiivistysvaikutus ulottuu noin 150 mm:n syvyyteen.

Täry-yksikön käyttövoimana on voimavirta tai polttomoottori. Yleisimmin käy-tettyjen tärypalkkien profiilikorkeus on 100 mm ja palkkien pituudet 3,2–6,2 m. Suurempien 150 mm:n palkkien pituudet ovat 6,2–8 m. Palkin profiilikor-keus ja täry-yksikön tyyppi ovat sidoksissa toisiinsa.

Tärypalkit kuuluvat yleensä sillanrakentajan ja -korjaajan omaan vakiokalus-toon, koska niitä ei ole kaikkien rakennuskonevuokraamojen valikoimissa.

## Hiertimet

Betoninhierkimien käyttövoimana on sähkö tai polttomoottori. Valovirralla toimivien laitteiden teho riittää pienissä kohteissa, mutta laajempia pintoja hierrettäessä tarvitaan voimavirtakone. Työn katkeamattoman etenemisen varmistamiseksi työmaalla tulee aina olla toinen laite varakoneena.

## Injektointilaitteet

Käsiprässä soveltuu erityisesti pienten halkeamien injektointiin, kun injektoi-tavien halkeamien pituus on suhteellisen vähäinen. Painemittari on saatavis-sa lisävarusteena ainakin joihinkin laitteisiin. Käsiprässin maksimipaine on 100 bar, säiliö noin 0,5 l ja tuotto noin 2 ml/painallus.

Injektointipumput ovat käsiprässä tehokkaampi ja nopeampia suurempien halkeamametri- en injektoinnissa. Pumppuja on sekä käsi- että sähkökäyttöi-siä. Painemittari on niissä yleensä vakiovarusteena ja paine on säädettäväs-ä 0–200 bar. Käsipumpun injektointiaineen tuotto on 10–20 ml/painallus ja sähköpumpun vapaa tuotto noin 2 l/min.

Kaksikomponenttipumpuissa injektointiaineen sekoittuminen tapahtuu pum-pun sekoituspäässä, joten epoksia ei tarvitse sekoittaa etukäteen kuten em. pumppuja varten. Paine on säädettävissä 0–200 bar ja tuotto on noin 3 l/min. Käyttöilman tarvittava paine on noin 8 bar.

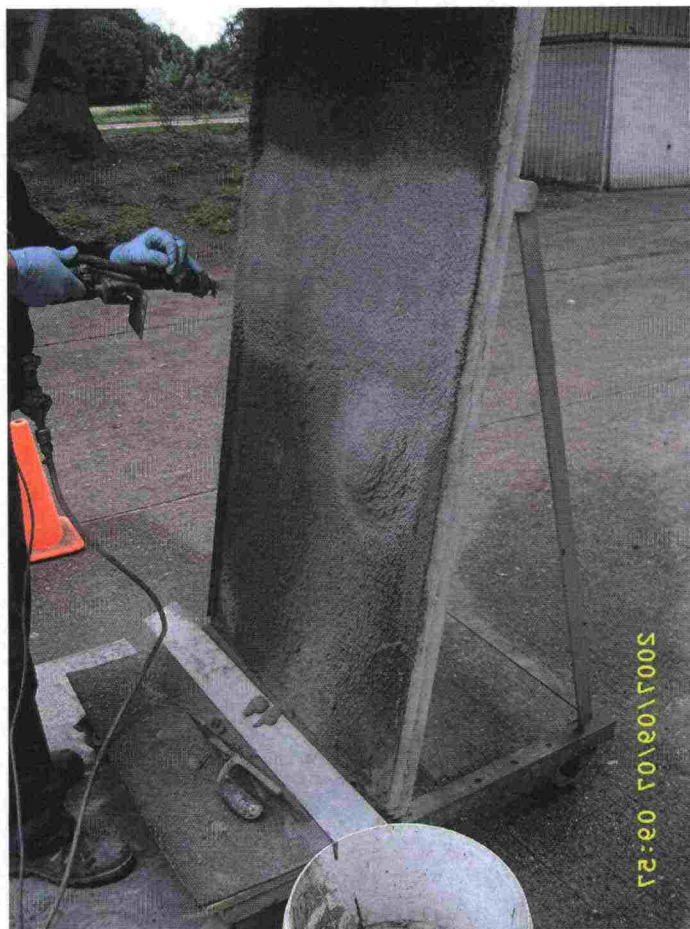
Rakennuskonevuokraamoissa ei ole injektointilaitteita vaan injektointitöitä varten on joko hankittava omat laitteet tai teetettävä työt aliurakointina. Etenkin suuremmat työt on tarkoituksenmukaista tilata injektointiin erikoistu-neilta urakoitsijoilta, joita on varsin runsaasti.

## Ejektori

Ejektori soveltuu pienten paikallisten vauriokohtien paikkaukseen. Se on laastipaikkaukselle vaihtoehtoinen menetelmä etenkin ahtaita kulmia ja muu-ten hankalasti luoksepäästäviä kohteita korjattaessa. Laastiejektori on "pie-noisruiskubetonointilaitte", jolla valmiiksi sekoitettu laasti ruiskutetaan paikat-tavaan kohteeseen. Ejektorilaastin valmistusohjeet ja laitteen piirustus on esitetty SILKO-ohjeessa 2.233. Laitetta ei ole saatavana kaupallisena tuot-teena ja sitä voidaankin pitää "perinnetyökaluna".

## Laastipumput

Ejektorin tapaan ruiskuttamalla tehtäviin pieniin ja vähän suurempiinkin paikkauksiin soveltuvat valo- tai voimavirralla toimivat laastipumput, jotka ovat erilaisten pinnoitteiden, tasoitteiden ja massojen pumppaamiseen tarkoitettuja ruuvi- tai mäntäpumppuja. Ruiskutusta varten tarvitaan lisäksi ruiskutus-suutin sekä paineilmakompressori hajotusilman tuottamiseen. Laastipumpuilla ruiskutettavien laastien maksimiraekoko voi olla 1,5–5 mm.



Kuva 3.5. Paikkausta ruiskuttamalla.

### 3.11 Vedeneristysvälineet

Vedeneristystyöt tehdään lähes aina aliurakointina.

#### Bitumituotteiden sulatuspadat

Liimausbitumin sulatuspatojen tulee olla Tiehallinnon käyttöönsä hyväksymää tyyppiä, jossa on termostaatti ja sekoitin. Siltojen kermieristystöihin sopiva sulatuspata on esimerkiksi poltinautomaattikalla varustettu Grün Primat 250 bitumikeitin (Peltitarvike Oy). Sen liimausbitumin tuottoteho jatkuvassa käytössä on noin 250 kg/h. Isolla työmaalla tulisi olla ainakin kaksi tehokasta sulatuspataa, mieluummin kolmekin. Näin varmistetaan työn katkeamaton eteneminen, kun oikean lämpöistä liimausbitumia on koko ajan käytettävissä.



### Rivipolttimet

SILKO-ohjeen 2.811 mukaan kuumentamalla kiinnitettävien kermien asentamisessa kuumennus on tehtävä rivipolttimella. Jostain syystä rivipolttimia ei ole opittu käyttämään Suomessa, vaikka ne muualla Euroopassa ovat vakiokalustoa, vaan yleensä käytetään vain yksittäisiä käsipolttimia. Rivipoltinta käyttäen kermieristystyön tehokkuus paranee. Esimerkiksi 7-liekkisen Grün rivipolttimen kuumennusteho on yli 300 kW, kun tehokkaimpienkin yksittäisten käsipolttimen kuumennusteho on 120–150 kW. Suurin hyöty saadaan kuitenkin työsuorituksen ja koko eristysrakenteen laadun paranemisesta, koska kermin liimausbitumin sulatus on varmemmin tasaista. Lisäksi käsipolttimilla tapahtuu helposti virheliikkeitä, jolloin paikallinen liikakuumennus polttaa pilalle liimausbitumin kumin tai irrottaa eristysalustaan levitetyn tiivistysepöksiä.

## 4 REUNAPALKIN SIIRRETTÄVÄ MUOTTIKALUSTO

### 4.1 Johdanto

Perinteisesti reunapalkin uusimisessa käytettävät muotit ovat puurakenteisia. Muotit on rakennettu siltapaikalla ja puutavaran uusiokäyttö on ollut usein mahdotonta. Muottien rakentaminen on suhteellisen hidas työvaihe ja siinä tarvitaan ammattitaitoisia kirvesmiehiä. Muottien suunnittelu on tehty useimmiten telinesuunnittelun yhteydessä.

Suurimpia ongelmia nykyisissä työtavoissa ovat muun muassa seuraavat:

- Reunapalkin muotit ja telineet joudutaan aina rakentamaan uudestaan kappalepuutavarasta, mikä on hidasta ja aikaa vievää.
- Puutavaran hukkameneikki on suurta – kierrättämään pystytään ainoastaan telineiden konsolipuutavara.
- Tukemusratkaisu on jokseenkin vaikeata toteuttaa, jos työtiimissä ei ole korjausrakentamiseen erikoistunutta kirvesmiestä.



Kuva 4.1. Reunapalkin puurakenteinen muotti.

Tarvetta useampaan kertaan käytettävälle muottikalustolle on ilmennyt vuosien varrella. Nopean kartoituksen jälkeen vain yhdeltä valmistajalta löytyi reunapalkin uusimiseen soveltuva muottikalusto mutta sekään ei ole käytössä Suomessa.

Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen -projektissa lähtökohtana suunnittelulle oli työvaiheiden yksinkertaistaminen ja elementtitekniikan käyttö. Liikennehaittojen vähentäminen oli myös eräs tavoitteista kaluston suunnittelussa. Muottikaluston tulisi viedä mahdollisimman vähän tilaa sillan kannelta, jotta liikenne voisi kulkea kavennetuilla kaistoilla työn aikana ja kaluston asennuksen ja purkamisen aikana toista kaistaa pitkin.

## 4.2 Käyttökohteet

Uudelleen käytettävä muottikalusto on suunniteltu mahdollisimman moneen eri reunapalkkityyppiin ja siltatyyppiin sopivaksi. Peruskohde kaluston käytössä on teräsbetoninen laattasilta, jossa on jokin Tiehallinnon reunapalkkityypeistä R15/DR 1–4. Tavoitteena on, että korjauskohteessa korjaussuunnittelija olisi tietoinen kaluston käytöstä korjauksessa ja voisi suunnitella reunapalkin muodon niin, että se soveltuu kaluston käyttöön. Telinesuunnittelija voi myöhemminkin esittää korjaussuunnittelijalle kaluston käyttöä, vaikka reunapalkin muoto olisi suunniteltu niin, ettei se sovellu kalustoon. Yhteistyössä korjaussuunnittelija ja telinesuunnittelija voivat muokata kalustoon soveltuvan reunapalkkityypin. Näin kalustoa voidaan hyödyntää tehokkaasti ja kustannukset sen käytöstä alenevat.

## 4.3 Suunnittelua ohjanneet määräykset, normit ja kuormitustapaukset

Mitoitus on suoritettu ohjeen *RIL 147-2006 Tukitelineet ja muotit* sekä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan *B7 Teräsrakenteet* mukaan. Suunnittelussa on otettu huomioon myös *InfraRYL 42020 Sillan betonirakenteet* (SYL 3) ohjeistus ja muut yleisohjeet reunapalkin uusimiseen.

Työtason omaksi painoksi on laskettu  $0,5 \text{ kN/m}^2$ . Työtason hyötykuormana on käytetty  $2 \text{ kN/m}^2$   $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$  alueella, joka määritellään työn tekemisestä johtuvaksi kuormaksi *RIL 147-2006:n* kohdassa 2.4.5.2. Siihen sisältyvät valutyöryhmästä, työvälineistä, mahdollisesta väliaikaisesta betonikerroksen paksuuden ylityksestä sekä valun pystysuorista sysäyksistä tulevat kuormitukset. Muottirakenteen omapaino on huomioitu myös laskelmissa. Tuulikuormaa ei ole tarvinnut tarkastella tässä tapauksessa, sillä sen vaikutus ei olisi tullut määrääväksi kyseisessä rakenteessa. Betonin omapaino on  $25 \text{ kN/m}^3$  ja valukuormitus on laskettu *RIL 147-2006* kohdan 2.4.8, muottiin kohdistuva valupaine, mukaan.

Kuormitukset on laskettu käyttäen apuna PUPAX palkinlaskentaohjelmaa. Kuormitukset on arvioitu suurimman mahdollisen vaikuttavan kuormituksen perusteella. Koska kalusto on kuitenkin muokattavissa ja sitä käytetään erilaisissa kohteissa, päädyttiin suunnitteluvaiheessa siihen, että mitoitus tulee suorittaa kohdekohtaisesti jokaisessa tapauksessa. Näin voidaan varmistua kaluston sopivuudesta kohteeseen.

## 4.4 Materiaalivalinnat

Teräslaaduksi valittiin S235J2G. Puutavaran laatuna käytetään normaalisti T24, kosteusluokka 3. Telineissä käytettävän puumateriaalin tulee kuulua kosteusluokkaan 3 *RIL 147-2006* kohdan 2.3.1 mukaan. Työtason vaneri on fenolifilmipintainen havupuuvaneri, jonka paksuus on 15 mm.

Lopulliset materiaalit ja teräsprofiilit valittiin kestävyys- ja painon mukaan. Osa muottikaluston osista vaihdettiin suunnittelun kuluessa toisenlaisiin profileihin, koska näin saatiin kaluston omapaino pienemmäksi. Tällä pyrittiin siihen, että asennustyö olisi mahdollisimman yksinkertaista ja kevyttä.



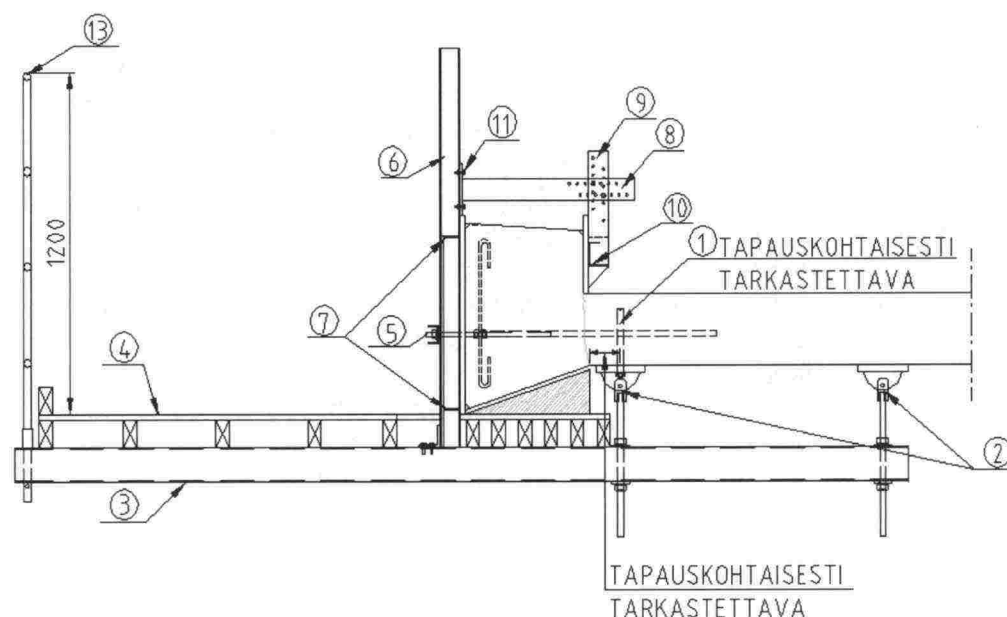
#### 4.5 Muottikaluston suunnitelma

Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen -projektissa laadittu suunnitelma reuna-palkin muottikalustosta on esitelty tarkemmin tämän julkaisun sähköisen version liitteessä 1. Seuraavassa esitetään keskeisimmät toimintaperiaatteet kaluston eri osille ja asennusjärjestys.

Kalustoa käytettäessä telinesuunnittelijan on kohdekohtaisesti tarkistettava suunnitelmasta

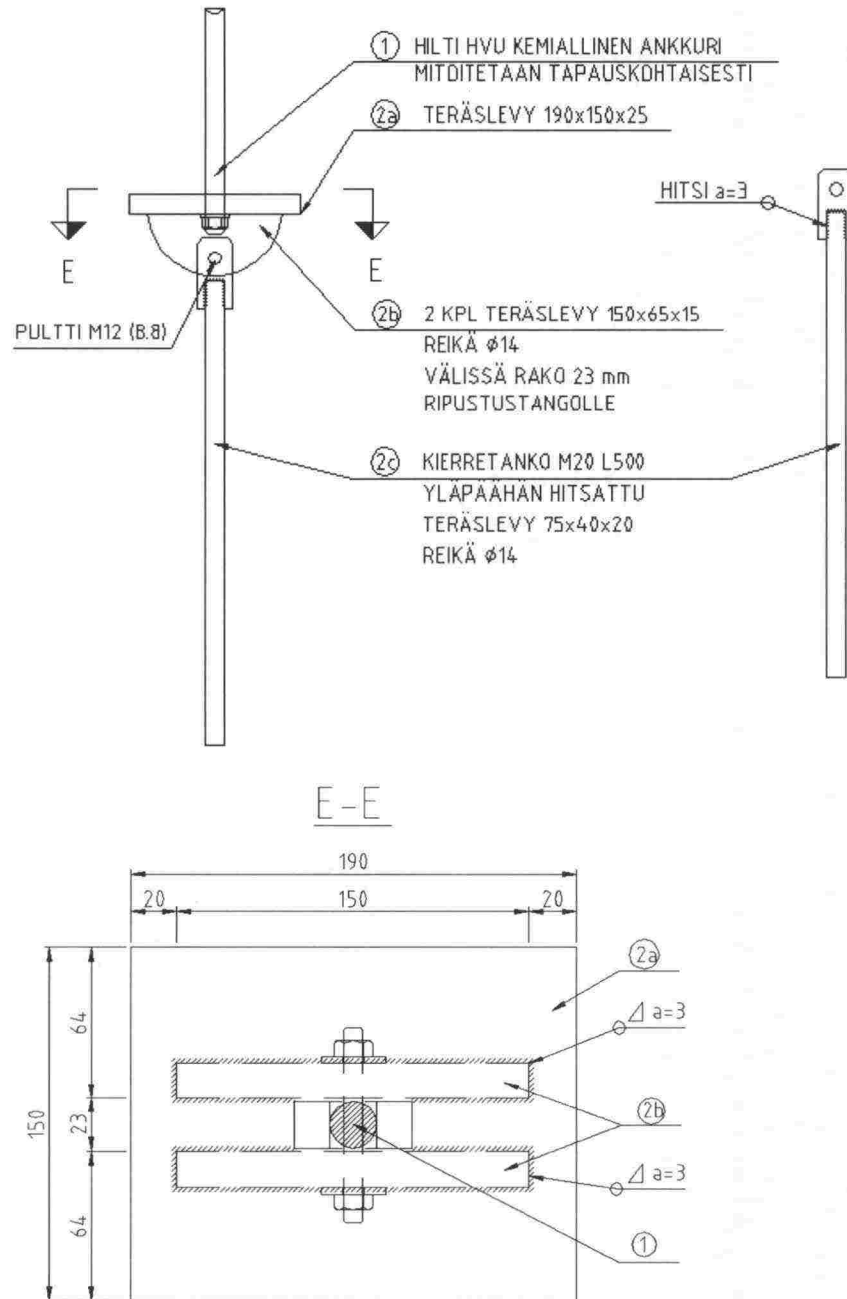
- kannen alapinnan ankkurointi
- ankkurien reunaetäisyys purkurajasta
- tukiväli
- kannen betonin laatu.

Kuvassa 4.2 on esitetty sivukuva muottikalustosta. Osaluettelossa kerrotaan numeroitujen osien tiedot (liite 1).



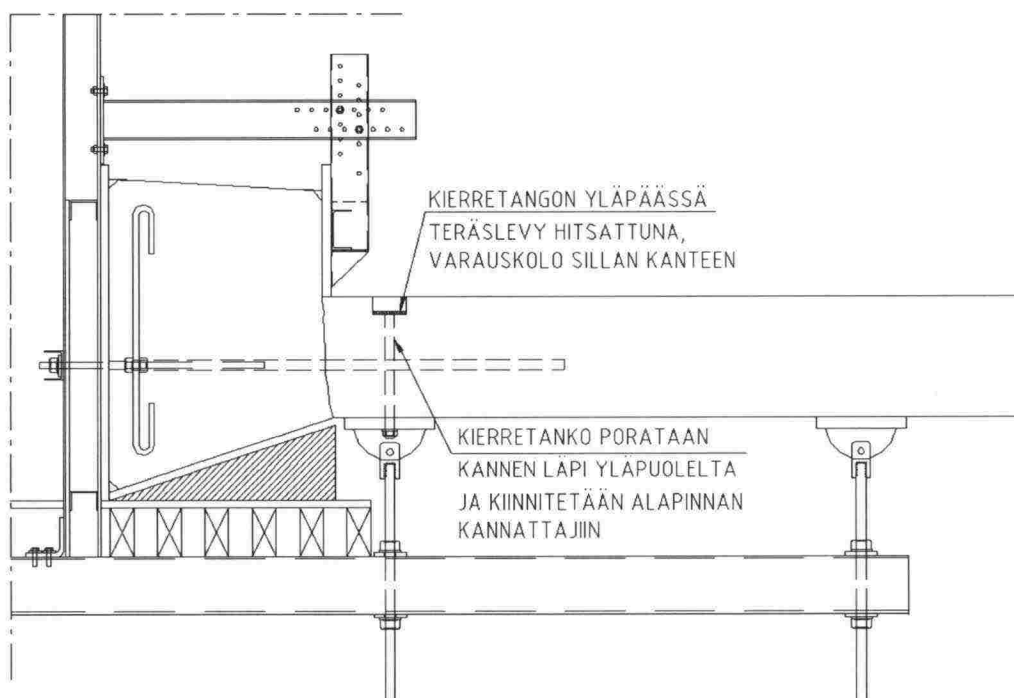
Kuva 4.2. Muottikaluston sivukuva, ei mittakaavassa.

Olemassa olevan sillan kannen alapintaan asennetaan HILTI HVU kemialli-set ankkurit tukipukkijaon mukaan. Alapinnan kannattaja (osa 3) asennetaan pohjaruuvi-ien kanssa henkilönostimesta. Pohjaruuveilla (osa 2) säädetään alapinnan kannattaja oikeaan tasoonsa ja pohjaruuvit asetetaan oikeaan vi-nouteen sillan kannen alapintaa vasten. Pohjaruuvit toimivat ankkureiden kohdalla vetopuolen tukina ja pohjaruuvit, joissa ei ole ankkuria, toimivat pu-ristuspuolen tukina. Pohjaruuvit kiristetään alakannattajaan kannattajan ylä-ja alapuolelta. Kuvassa 4.3 on pohjaruuvin osakuva.



Kuva 4.3. Pohjaruuvien osakuva, ei mittakaavassa.

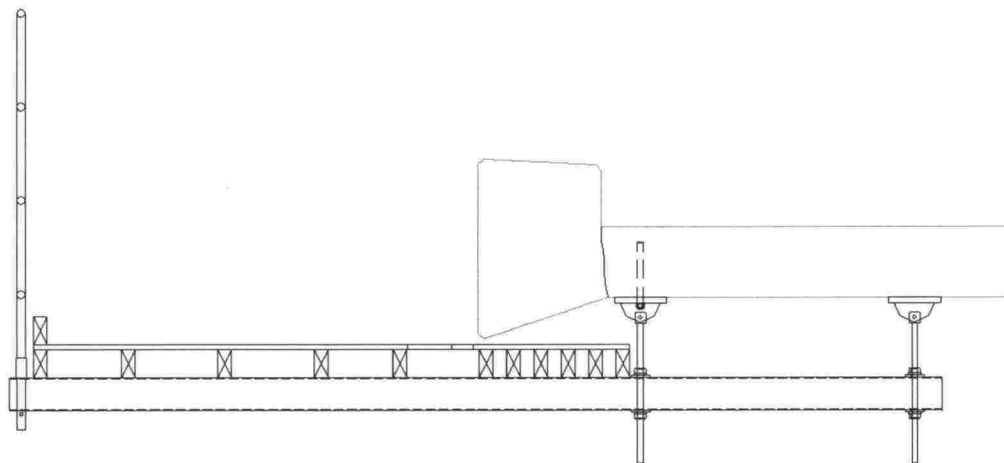
Mikäli kannen betonin laatu on niin heikko, että ankkureiden kiinni pysyminen ei ole varmaa tai ankkureiden luotettavuuteen ei voida muista syistä luottaa, on muottikalusto kiinnitettävä rakenteen läpi. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi poraamalla kierretanko sillan kannelta rakenteen läpi. Kierretangon yläpäähän hitsataan teräslevy ankkurilevyksi. Sillan kannelle porataan syvennys, jonka sisälle ankkurilevy saa jäädä pysyvästi. Näin se ei häiritse pintarakennetöitä kannella. Alapäästään kierretankoon voidaan kiinnittää alapinnan kannattajat kuten Hiltin ankkureihin. Kuva 4.4 on esimerkkikuva tilanteesta.



Kuva 4.4. Esimerkki muottikaluston kiinnityksestä kannen läpi, ei mittakaavassa.

Työtasot lasketaan paikoilleen alakannattajien asennuksen jälkeen. Välittömästi työtason asennuksen jälkeen asennetaan työtason kaide kyseiseen jakoväliin. Näin varmistetaan työturvallisuus. Kaide-elementit valmistetaan pyöreästä putkipalkista, koko 33,7x4. Kaide-elementti on mitoitettu piste-kuormalle, joka syntyy, jos työtasolla työskentelevä horjahtaa kaidetta vasten. Kaiteet kiinnitetään toisiinsa M12 pulteilla. Kaiteen "jalka" työnnetään alapinnan kannattajassa olevan reiän läpi ja lukitaan sokalla.

Reunapalkki voidaan purkaa, kun muottikalusto on asennettu tähän vaiheeseen. Reunapalkin purkamisen aikana on huomioitava, että purkujätettä on ehdottomasti poistettava työtason päältä purun edetessä.



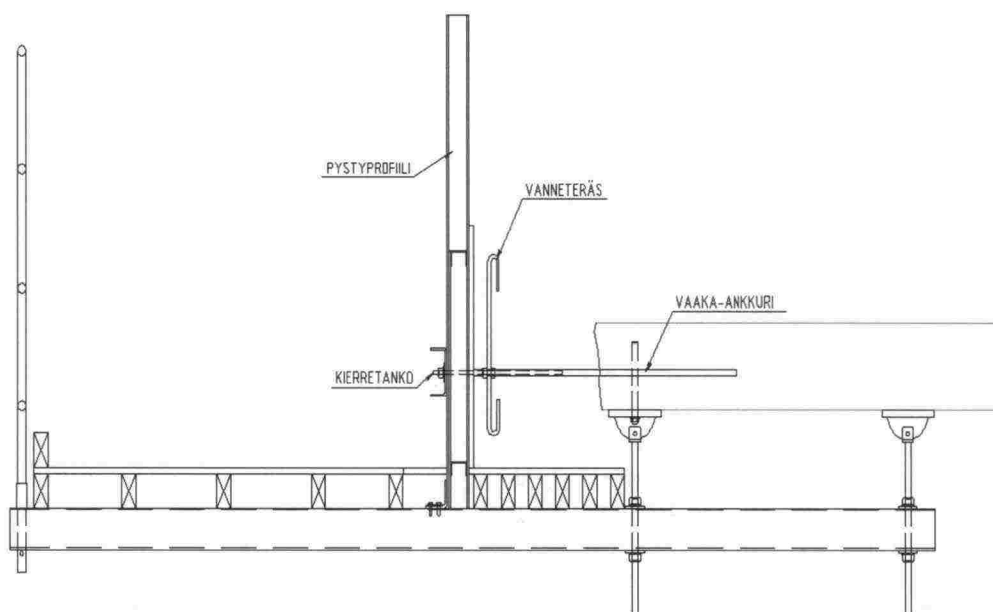
Kuva 4.5. Työtaso vanhan reunapalkin purkamisen aikana, ei mittakaavassa.



Kun vanha reunapalkki on purettu, voidaan olemassa olevaan sillan kanteen porata vaaka-ankkurit tartunnoiksi, kuva 4.6. Vaaka-ankkurit asennetaan työtason päältä. Vaaka-ankkurien rakennevaihtoehdot ovat suunnitelmassa.

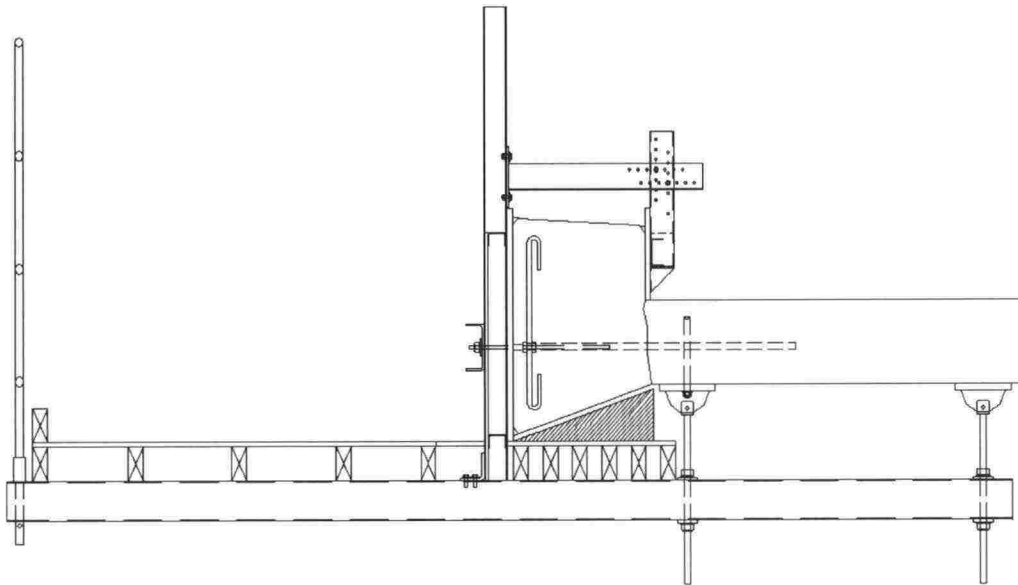
Sillan kanteen porattavan vaaka-ankkurin tehtävänä on toimia tukena valupaineelle, jotta kalusto ei lähde liukumaan pois paikaltaan. Toisaalta siihen sidotaan myös uuden reunapalkin raudotteet elementtinä ja vaaka-ankkuri toimii siten myös tartuntaraudoituksena vanhaan rakenteeseen. InfraRYL 42020.3.2.2:ssa (SYL 3.4.2.2) on ohje, jossa määrätään, ettei reunapalkissa käytetä betonipintaa lävistäviä muottisiteitä. Muottisiteiden päihin tehdään varauskolot, jotka paikataan InfraRYL 42020.3.4.8 (SYL 3.4.4.8) mukaisesti.

Vaaka-ankkuri muodostuu kahdesta tangosta. Rakenteeseen porattavassa harjaterästangossa on reunapalkin ulkoreunan puolella sisäpuolinen kierre, johon voidaan kiinnittää joko kierteinen alumiinitanko tai ohuempi harjaterästanko, jotka kiinnitetään tukipukin pystyprofiiliin. Valun jälkeen alumiinitanko voidaan katkaista betonipinnan tasoon. Käytettäessä harjaterästä tehdään sille varauskolot, jotka paikataan tangon katkaisun jälkeen. Paikkauksessa noudatetaan InfraRYL 42020.3.4.8 (SYL 3.4.4.8) ohjeita.



Kuva 4.6. Vaaka-ankkurin asennus, ei mittakaavassa.

Vaaka-ankkurin asennuksen jälkeen asennetaan loput tukipukin osista paikoilleen työselityksen mukaan ja muottielementit nostetaan paikoilleen. Muottielementin rakennekuva on suunnitelmassa (liite 1). Raudoite-elementit asennetaan raudoitussuunnitelman mukaan ja kiinnitetään vanneräksiin. Uusi reunapalkki valetaan ja jälkihoidetaan suunnitelmien mukaan.



Kuva 4.7. Reunapalkin muottikalusto koottuna, ei mittakaavassa.

Muotit puretaan betonin saavutettua muottienpurkulujuuden. Muottien purun jälkeen katkaistaan muottisiteet uuden reunapalkin pinnan tasoon, mikäli tartuntana on käytetty alumiinitankoa. Jos tartuntana on käytetty T12 kierretankoa, tanko katkaistaan ja varauskolot paikataan. Tämä työvaihe voidaan suorittaa työtasolta käsin. Betonipeitevaatimusten täyttymisestä on varmistuttava.

#### 4.6 Kustannukset

Muottikalustolla pyritään pienentämään muottien rakentamis- ja materiaalikustannuksia. Tässä esitetyn suunnitelman mukaiselle muottikalustolle laskettiin hinta ottaen esimerkkitapahtumaksi 30 m pituinen silta. Metrihinnaksi saatiin noin 425 €/m, kun hintaan on sisällytetty teräsosien osto- ja työstöhinta konepajalla. Kalustoa kierrättämällä hinta saadaan laskemaan noin 10 % hankintahinnasta eli todellisena metrihintana voidaan käyttää noin 390 €/m. Kilohinnaksi kalustolle tulee noin 1,90 €/kg.

Etuna saadaan myös työmenekin pienentyminen metriä kohti noin 1,5 tunnilla. Arviolaskelman mukaan muottikaluston kokoamisessa miestyön osuus on 4,5 h/m. Puurakenteisia muotteja käytettäessä miestyövoiman osuus on noin 6 h/m.

Lopulliset kustannukset eivät vielä tässä vaiheessa ole tiedossa, koska kalustoa ei ole vielä valmistettu ja koekäytetty. Niinpä hinnat ovat toistaiseksi vain laskennallisia arvioita.



## 5 KORJAUSKAUDEN PIDENTÄMINEN

### 5.1 Sääsuojat

Sääsuojilla voidaan merkittävästi pidentää korjauskautta. Sääsuojan avulla korjauskohde voidaan suojata sateelta ja lämmittimien avulla voidaan tehdä betonointitöitä alhaisissakin lämpötiloissa. Korjauskautta pyritään pidentämään syksyllä ja aikaistamaan töiden aloitus keväällä. Tammi- ja helmikuu ovat kuitenkin keskilämpötiloiltaan yleensä niin kylmiä, ettei korjaamista todennäköisesti kannata tehdä näinä kuukausina.

Valmiita sääsuojajärjestelmiä toimittavat eri rakennuskonevuokraamot ja valmistajat. Suurin osa sääsuojista on suunniteltu talonrakennuspuolelle, mutta esimerkiksi Machinery Oy, Telinekataja ja Lainapeite valmistavat sääsuojia myös siltatyömaille. Valmiit ratkaisut ovat kuitenkin usein liian raskaita suuren kokonsa vuoksi ja soveltuvat koko sillan korjaamiseen paremmin kuin pieniin korjauskohteisiin. Jännevälit alkavat viidestä metristä ja rakennekokonaisuudesta tulee valmiilla kalustolla hyvinkin kallis ratkaisu.

InfraRYL:n kohdassa 42310 (SYL 6.2.1) määrätään, että eristystyöt on tehtävä sääsuojan sisällä, jos kermi, nestemäinen eristysmateriaali tai tiivistysepoksi asennetaan muulloin kuin 15.5.–31.8. välisenä aikana tai jos mastiksieristys tehdään ilman tiivistysepoksia muulloin kuin 15.5.–30.9. välisenä aikana. Tiehallinnon käytännön mukaan urakoitsija joutuu hyvittämään urakkahintaan sisällytetyt sääsuojakustannukset, mikäli tilaaja hyväksyy eristystöiden tekemisen ilman sääsuojaa em. määräyksistä poikkeavasti. Hyvityksen suuruus lasketaan kaavalla:

$$P = X \text{ €/m}^2 / \text{vko} \times A \times B \times C, \text{ missä}$$

$X$  = yksikköhinta (esimerkiksi 5 €/m<sup>2</sup>/vko)

$A$  = aika viikkoina

$B$  = eristettävän alueen pinta-ala [m<sup>2</sup>]

$C$  = kerroin sääsuojan pystytykselle ja purkamiselle

1,2 jos eristetään koko silta kerralla,

1,3 jos eristetään silta kahdessa osassa,

1,4 jos eristetään silta kolmessa osassa jne.

Sääsuojan käyttö on suositeltavaa myös muissa korjaustoimenpiteissä. Sääsuojaa voidaan käyttää mm. vedeneristyksen alustan kunnostuksessa ja sillan kannen muotoiluvalun teossa. On kuitenkin huomioitava, että pintarakenteita ei voida uusia alhaisissa lämpötiloissa, jos sillan kantta ei lämmitetä alapuolelta.

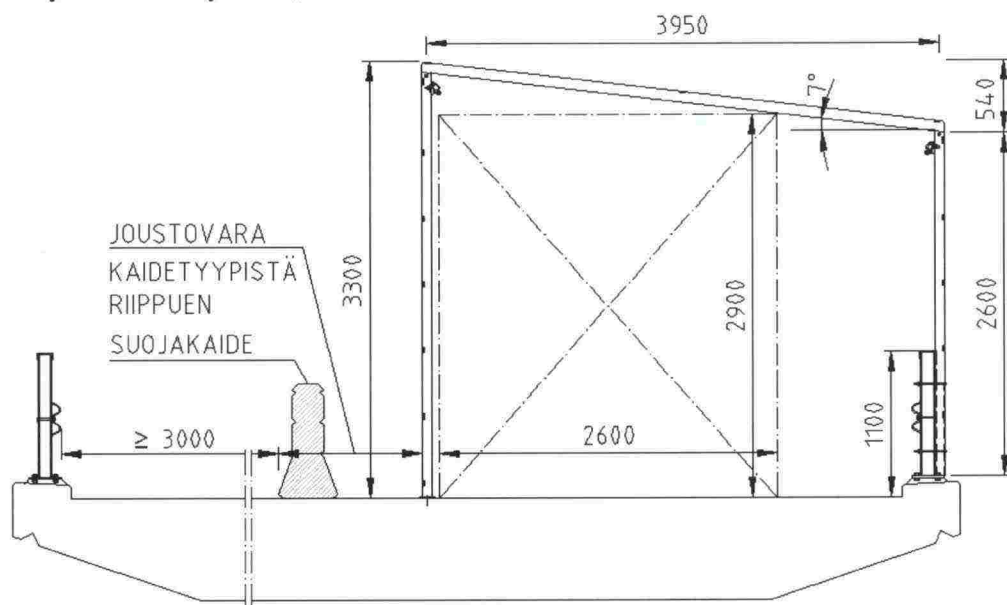
### 5.2 Sääsuojakalusto

Sääsuojan tulee olla helposti ja nopeasti koottava rakenne, joka mahdollistaa eri työvaiheet sillan kannella ja mahdollisesti myös lämmityksen sääsuojan sisällä. Joissakin kohteissa myös kuljetuskalustolla ajaminen sääsuojan sisälle voi olla tarpeellista. Tämän vuoksi sääsuojan korkeuden tulee olla tarpeeksi suuri.

Sillan peruskorjauksen nopeuttaminen -projektissa kehitetty sääsuoja on suunniteltu yhden kaistan leveydelle ja sen maksimikorkeus on 3,3 metriä. Suunnitelmat on esitelty tarkemmin tämän julkaisun sähköisen version liitteessä 2.

Sääsuoja muodostuu vinokehistä, joiden mitat ovat esitetty kuvassa 5.1. Kehäväli on maksimissaan 2 metriä. Ensimmäinen ja viimeinen kehäväli on sidottu kahteen metriin jäykistysvaijerien vuoksi, mutta sääsuojan pituutta voidaan säätää keskikehien etäisyyksillä, muuttamalla vaakajäykisteiden mittaa. Vaakajäykisteenä toimii telineputki, joka liitetään pystykannattajiin yksinkertaisella kääntöliittimellä.

Sääsuojassa käytetään valmisosina telineputkia ja yksinkertaisia kääntöliittimiä. Muut osat valmistetaan konepajalla. Sääsuojarakenne kiinnitetään reunapalkin puolelta sillan kaiteeseen vanneliittimellä. Toisesta päästään kehä ankkuroidaan sillan kanteen Hilti Hkd- lyöntiankkureilla, koko M12. Ankkurien reiät paikataan sääsuojan purkamisen jälkeen. Kun kannella on tehty vedeneristystöitä, on reikiä kohdat eristettävä huolella.



Kuva 5.1. Sääsuojan poikkileikkaus.

Suojapeitteet sidotaan tukikehissä oleviin koukkuihin 0,5 m välein. Katto- tasossa kulkevat vaijerit tukevat suojapeitteitä. Katon kuormitukseksi on laskettu lumikuorma, joka on  $1 \text{ kN/m}^2$ . Suojapeitteen voidaan kuitenkin olettaa kestävän maksimissaan  $0,25 \text{ kN/m}^2$  kuormitusta. Tämän vuoksi lumi on ehdottomasti poistettava katolta, jotta peitteet eivät repeydy.

Suojapeitteenä käytetään reunavahvistettua PVC peitettä, jossa on purjerenkaat reunoissa. Suojapeitteiden koko riippuu kehäväliden mitoista. Kahden metrin kehäjaolla peitekoko on  $6 \times 10 \text{ m}$ . Suojapeitteiden reunoja ei limitetä vaan liitokset tehdään päittäin. Kiinnityksessä on huomioitava huolellinen sitominen kehiin, jotta tuuli ei pääse repäisemään suojapeitteitä irti.

Suojapeitteet voidaan joko ostaa tai vuokrata. Vaihtoehtoja eri valmistajien peitteistä löytyy alla olevista taulukoista 5.1 ja 5.2. Taulukoissa ei ole ilmoi-



tettu kaikkia peitekokoja vaan ainoastaan tässä projektissa kehitettyyn sää-suojaan sopivimmat peitekoot. Hinnat ovat valmistajien maaliskuussa 2008 ilmoittamia hintoja.

Taulukko 5.1. Suojapeitteet (hinnat 03/2008).

VALMISTAJA	TYYPPI	KOKO	HINTA / KPL	HUOM.
Suomen sää-suoja	PVC-kangas, 600 g/m <sup>2</sup> , vahvistetut reunat, renkaat ja narut	6x10 m	396 €, alv 0 % + toim.kulut	Max. jänneväli 3 m
Lainapeite	Polyesteri 1100 dtex, 650 g/m <sup>2</sup> , purjerenkaat 20 kpl ja narut	4x6 m	146 € sis. alv 22 %	Vetolujuus 1700/1500 N/5cm
Lainapeite	Polyesteri 1100 dtex, 650 g/m <sup>2</sup> , purjerenkaat 26 kpl ja narut	5x8 m	230 € sisältä alv 22 %	Vetolujuus 1700/1500 N/5cm
Lektar Oy	PVC-suojapeite, 650 g/m <sup>2</sup> , sisältää kiinnitysköydet 18 mm purjerenkaalla	4x6 m	109,44 € sisältä alv 22 % + toim.kulut	
Tammerkosken teollisuus Oy	PVC-suojapeite, 550 g/m <sup>2</sup> , reunakäänteillä ja heloilla	6x10 m	363 €, alv 0 %	
Telinekatalaja	PVC-kangas, 280 g/m <sup>2</sup>	2,7x20 m	157,08 €, alv 0 %	Max. kuormitus 25 kg/m <sup>2</sup>

Taulukko 5.2. Eristepeitteet (hinnat 03/2008).

VALMISTAJA	TYYPPI	KOKO	VUOKRA-HINTA	MYYNTI-HINTA
Lainapeite	Termoplastinen muovi, polyesterikudos, 6 mm:n vettähylyvä umpisolueriste, paino 25 kg	3x5 m	14 pv: 59,05 € 30 pv: 85,81 € 60pv: 140,96 € hinnat sis. alv 22 %	
Telinekatalaja		2,65x 10,05 m		63,92 €, alv 0%
Tammerkosken teollisuus Oy	Eristepeitteiden hinta määräytyy mittojen ja kappalemäärän mukaan.			

Sääsuojakaluston kustannusarvio on eritelty taulukossa 5.3. Kustannukset on laskettu 10 m pitkälle sääsuojalle ja kustannusarvio on tehty maaliskuun 2008 materiaali- ja työhinnoin.

Taulukko 5.3. Sääsuojakaluston kustannusarvio (03/2008).

	HINTA
Teräsosat	2 950 €
Kiinnikkeet	150 €
Asennus- ja purkutyöt	1 060 €
Suojapeitteet	2 000 €
<b>YHTEENSÄ:</b>	<b>6 160€</b>

Kustannusarvio sisältää teräsosien osto- ja työstöhinnan eli antaa ensimmäisen käyttökerran hinnan kalustolle. Käyttökertojen lisääntyessä hinta pienenee huomattavasti, koska uusittavia osia ovat ainoastaan kiinnitysankurit ja peitteet niiden rikkoutuessa tai kunnon heiketessä.

Oletuksena kaluston kestoialle voidaan laskea viisi vuotta. Käyttökustannuksiksi kalustolle voidaan laskea vuotta kohden noin 3500 €. Tähän sisältyy rikkoutuneiden osien ja peitteiden uusiminen sekä kiinnitysankkurit kohdekohtaisesti. Eräältä sääsuojavalmistajalta kysytty tarjous 10 m pitkälle sillalle antoi sääsuojan vuokrahinnaksi 2900 €. Tähän hintaan verrattuna jo kahdella käyttökerralla vuodessa saadaan kustannussäästöjä verrattuna sääsuojan vuokraamiseen. Käyttökertojen lisäys luonnollisesti vähentää käyttökustannuksia.

Kehitetyn kaluston asennusaika 10 m pitkälle sääsuojalle on 0,5 työvuoroa (4 h) ja purku-aika samoin 0,5 työvuoroa. Kahden työmiehen työryhmällä asennukseen kuluu aikaa 8 tuntia. Asennukseen tarvitaan Hiab nostin koko työn ajaksi.

5.3 Turvallisuustarkastelu

Sääsuojan kestävyys

Sääsuojakaluston käytössä on huomioitava suojapeitteiden huolellinen kiinnitys. Huonosti kiinnitetyt peitteet voivat revetä tuulen voimasta. Talvella lumien poistaminen katolta on välttämätöntä peitteiden keston vuoksi. Teräsrakenne itsessään kestää 1 kN/m<sup>2</sup> lumikuormituksen, mutta suojapeitteen kestävyys määrittää lumikuorman sallitun määrän katolla.

Sääsuoja on ankkuroitava ankkurien valmistajan ohjeiden mukaan sillan kanteen ja sillan kaiteeseen kiinnitys tulee tehdä huolella. Rikkoutuneet tai huonokuntoiset osat on uusittava, jottei sääsuojan rakenteellinen vakavuus kärsi.

Jos sääsuojan sisällä käytetään lämmittimiä, on kiinnitettävä erityistä huomiota paloturvallisuuteen. Tällöin tulee käyttää palosuojattuja peitteitä ja noudattaa lämmittimen vuokraajan tai valmistajan käyttöohjeita. Lämmittimen läheisyydessä tulee olla palosammutusvarusteet.

Liikenteenohjaus ja työkohteen suojaus

Jokaisesta työkohteesta on tehtävä oma liikennejärjestelysuunnitelma, joka hyväksytetään tilaajalla. Erityistä huomiota on kiinnitettävä siihen, että käy-

tettävät liikennejärjestelyt vastaavat aina työmaatilannetta. Liikennejärjestelyjen toimivuus ja tarkoituksenmukaisuus on tarkastettava tien molemmissa suunnissa tarkastusajojen yhteydessä. Työn keskeytyksien ajaksi liikennejärjestelyt on tarkistettava vallitsevan tilanteen mukaisiksi. Työmaaliikenteen kulku sillalle on järjestettävä niin, ettei muu liikenne pääse ohjautumaan työmaa-alueelle.

Liikenteen ohjauksessa noudatetaan Tiehallinnon verkkojulkaisun *Liikenne tietyömaalla, Tienrakennustyömaat* TIEH 2200053-v-08 ohjeita ja vaatimuksia. Luvussa 3.3 *Siltatyöt* on käsitelty liikenteenohjausta siltakohteissa.

Kun sillalla on vain yksi ajorata liikenteen käytössä ja suljetun osan pituus on alle 80 m noudatetaan em. julkaisun kuvien 3.3-15 *Väistämisvelvollisuus kohdattaessa* ja 3.3-16 *Liikennevalot* ohjeistusta. Jos sillalla on useampi ajorata käytössä, noudatetaan kuvien 3.3-9 *Kaksiajoratainen tie, 50 km/h (työmaan alku)* ja 3.3-10 *Kaksiajoratainen tie, 50 km/h (työmaan loppu)* ohjeistusta.

Jos näkemä sääsuojan ohi on hyvä, ei liikennevalo-ohjausta välttämättä tarvita. Tällöin on osoitettava liikennemerkkein väistämisvelvollisuus kohdattaessa. Kun näkemä siltapaikalla on huono, ohjataan liikenne työmaan ohi valo-ohjauksella. Valo-ohjaus on osoitettava liikennemerkkein 0,5 km ennen työmaata. Heräteraitaryhmät asennetaan ajoradalle noin 200 m ennen turvakaitteen alkamista.

Kaiteella suojataan ja rajataan työmaan vaatima tila sillan kannella. Kaiteen suojausluokan on oltava tyyppiä K1, K2 tai K3. Väliaikainen korkea reunatuki ei riitä suojaksi silloilla. Suojausluokan valintaan vaikuttaa liikennemäärä ja nopeusrajoitus sekä vaaran laatu ja kesto. Suojausluokka valitaan ohjeen *Liikenne tietyömaalla. Sulku- ja varoituslaitteet 5D-2* TIEH 2200051-v-07 luvun 5 taulukon 6 mukaan. Taulukossa 5.4 on esitetty suojausluokkien vaatimukset ja niihin soveltuvat kaidetyypit.

Taulukko 5.4. Suojausluokat

SUOJAUS- LUOKKA	VAATIMUKSET	KAIDETYYPPI
K1	Alhaisella ajonopeudella tapahtuneet suistumiset estetään aukottomalla betonielementtijonolla, jota ei ole testattu SFS-EN 1317-2 mukaisesti.	Toisiinsa kytketty betonielementtijono
K2	Suistuminen estetään testatulla kaiteella, joka on mitoitettu henkilöautolle ja liikkuu kuorma-auton törmäyksessä. Lisäksi Tiehallinto voi hyväksyä muunkin ratkaisun.	Standardin SFS-EN 1317-2 luokkien T2, N1 ja N2 kaiteet sekä suojausluokan K3 kaiteet.
K3	Suistuminen estetään testatulla kaiteella, joka on mitoitettu myös loiville kuorma-autotörmäyksille	Standardin SFS-EN 1317-2 luokkien T3, H1 ja H2 kaiteet.

Kaiteen taakse varataan noin 1 m joustotilaa. Vaihtoehtoisesti käytetään kaidetyyppikohtaisesti määritettyä joustovaraa. Kaiteen alkuun tulee viiste (1:7) tai kaiteen pää suojataan törmäysvaimentimella. Kaide on aloitettava 20 m ennen siltaa, kun nopeusrajoitus on enintään 50 km/h.



## 6 KORJAUKSEN JA UUSIMISEN VERTAILU

Pienehköjen siltöjen peruskorjauskustannuksia on vertailtava päällysrakenteen tai koko sillan uusimiskustannuksiin korjaussuunnitelmaa laadittaessa. Vertailussa on laskettava ja otettava huomioon

- sillan peruskorjauskustannukset
- päällysrakenteen tai koko sillan uusimiskustannukset
- liikennehaittakustannukset
- uusimisen myöhentäminen ja hallittu loppuunkäyttö.

Ympäristöhaittakustannuksia ei tässä vertailussa oteta huomioon, koska useiden muiden selvitysten mukaan rakentamisen ympäristövaikutukset ovat erittäin pienet jo liikenteen aiheuttamiinkin verrattuna.

### 6.1 Sillan peruskorjauskustannukset

Peruskorjauksen kustannukset lasketaan sillan korjaussuunnitelman määräluettelon perusteella normaalin korjaussuunnittelukäytännön mukaisesti.

### 6.2 Päällysrakenteen uusimiskustannukset

Päällysrakenteen uusimiskustannukset lasketaan alustavasti suunnitellun rakennetyypin ja rakentamismenetelmän perusteella normaalin suunnittelukäytännön mukaisesti. Rakentamiskustannuksiin on lisättävä vanhan päällysrakenteen purkamiskustannukset sekä alusrakenteiden osuus lasketuista peruskorjauskustannuksista.

### 6.3 Sillan uusimiskustannukset

Koko sillan uusimiskustannusten laskemiseksi luonnostellaan nykyiset aukkomitat täyttävä ja kohteeseen sopiva siltatyyppi. Kustannukset lasketaan ohjeistettujen yksikköhintojen ja kokemusperäisten kustannustietojen perusteella ottaen huomioon myös vanhan sillan purkamiskustannukset.

### 6.4 Liikennehaittakustannukset

Korjaus- tai uusimistyön toteuttamisen vaatimien liikennejärjestelyiden aiheuttamat liikennehaittakustannukset lasketaan erikseen kullekin toimenpidevaihtoehdolle toteutuskelpoisimman liikenteenohjaustavan perusteella. Vaihtoehtoisia liikenteenohjaustapoja ovat yleensä nopeusrajoitus, valo-ohjaus ja kiertotie. Liikennehaittakustannuksiin vaikuttavia tekijöitä ovat mm.

- tien sallittu nopeus
  - rajoitettu nopeus tai kiertotien sallittu nopeus
  - rajoitetun alueen tai kiertotien pituus
  - valo-ohjauksen keskimääräinen odotusaika
  - rajoituksen kesto aika päivittäin
  - rajoituksen tai kiertotien kokonaiskesto aika
- liikennemäärä ja erityisesti raskaan liikenteen määrä.

Nopeusrajoitetun alueen olosuhteet sekä rajoituksia edeltävät hidastusmatkat ja -ajat siltapaikalla ovat vertailtavien toimenpidevaihtoehtojen ja liikenteenohjaustapojen osalta suunnilleen samanlaiset, joten niitä ei oteta huomioon seuraavassa esitettyssä yksinkertaistetussa liikennehaittakustannusten laskentamenetelmässä.

#### Työmaan nopeusrajoituksen aiheuttama aikakustannus

– tien sallittu nopeus (km/h)	V
– rajoitettu nopeus (km/h)	Vn
– nopeusrajoitusalueen pituus (km)	Ln
– nopeusrajoituksen kesto aika päivittäin (h/vrk)	tn
– nopeusrajoituksen kokonaiskesto aika (vrk)	Tn
– kevyiden ajoneuvojen määrä (KVL – raskaat) (ajoneuvoa/vrk)	Qk
– raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)	Qr
– kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ak
– raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ar

$$\text{Knop} = (Ln/Vn - Ln/V) \times tn/24 \times (Qk \times Ak + Qr \times Ar) \times Tn$$

#### Valo-ohjauksen aiheuttama aikakustannus

– tien sallittu nopeus (km/h)	V
– valo-ohjatulla alueella rajoitettu nopeus (km/h)	Vv
– odotusaika (h)	to
– valo-ohjatun alueen pituus (km)	Lv
– valo-ohjauksen kesto aika päivittäin (h/vrk)	tv
– valo-ohjauksen kokonaiskesto aika (vrk)	Tv
– kevyiden ajoneuvojen määrä (KVL – raskaat) (ajoneuvoa/vrk)	Qk
– raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)	Qr
– kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ak
– raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ar

$$\text{Kvalo} = \{ (Lv/Vv - Lv/V) + to \} \times tv/24 \times (Qk \times Ak + Qr \times Ar) \times Tv$$

#### Kiertotien aiheuttamat aika- ja matkakustannukset

– tien sallittu nopeus (km/h)	V
– kiertotien sallittu nopeus (km/h)	Vk
– kiertotien pituus (km)	Lk
– kiertotien kokonaiskesto aika (vrk)	Tk
– kevyiden ajoneuvojen määrä (KVL – raskaat) (ajoneuvoa/vrk)	Qk
– raskaiden ajoneuvojen määrä (ajoneuvoa/vrk)	Qr
– kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ak
– raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus (€/h)	Ar
– kevyiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus (€/km)	Ck
– raskaiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus (€/km)	Cr

$$\text{Kkier} = \{ (Lk/Vk - Lk/V) \times (Qk \times Ak + Qr \times Ar) + Lk \times (Qk \times Ck + Qr \times Cr) \} \times Tk$$

**Yksikkökustannuksille** Ak, Ar, Ck ja Cr käytetään **vakiohintoja**, joita voidaan tarkistaa aika ajoin. Toistaiseksi käytettäväksi päätetyt yksikköhinnat ilmenevät seuraavasta laskentataulukosta, joka on vertailulaskentoja varten laadittu Excel taulukoksi.

Liikennehaittakustannusten laskentataulukko

Vakioidut yksikköhinnat	
Kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus Ak (€/h)	20
Raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus Ar (€/h)	60
Kevyiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus Ck (€/km)	0,10
Raskaiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus Cr (€/km)	0,40

Tiekohtaiset tiedot	
Kevyiden ajoneuvojen määrä Qk (ajoneuvoa/vrk)	2700
Raskaiden ajoneuvojen määrä Qr (ajoneuvoa/vrk)	300
Tien sallittu nopeus V (km/h)	100

Vaihtoehtoiset liikenteenohjaustavat					
Nopeusrajoitus		Valo-ohjaus		Kiertotie	
Ln	0,5	Lv	0,5	Lk	1,0
Vn	30	Vv	30	Vk	50
tn	8	tv	8		
		to	3		
Tn	22	Tv	22	Tk	22
Knop (€/vrk)	280	Kvalo (€/vrk)	1480	Kkier (€/vrk)	1110
€	6160	€	32560	€	24420

Ln, Lv, Lk = rajoitusalueen tai kiertotien pituus (km)  
Vn, Vv, Vk = rajoitusalueen tai kiertotien rajoitettu nopeus (km/h)  
tn, tv = rajoituksen kesto-aika päivittäin (h/vrk)  
to = valo-ohjauksen odotusaika (min)  
Tn, Tv, Tk = rajoituksen tai kiertotien kokonaiskesto-aika (vrk)

Ajoneuvokustannusten määrittämistä on käsitelty mm. seuraavissa Tiehallinnon julkaisuissa:

- Tieliikenteen ajokustannusten laskenta. TIEH 2100038-05.
- Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2005. TIEH 2100039-05.
- Kaistanvuokrauksen soveltamisohje tienpidon hankintoihin. Ohjeluonnos 2005.
- Kaistanvuokrauksen kehittäminen tienpidon hankinnoissa. Taustaraportti. Tiehallinnon sisäisiä julkaisuja 14/2005. TIEH 4000453-v.

6.5 Uusimisen myöhentäminen ja hallittu loppuunkäyttö

Päällysrakenteen tai koko sillan uusimisen myöhentäminen ja hallittu loppuunkäyttö tulee kyseeseen peruskorjauksen vaihtoehtona etenkin silloin, kun vanhassa sillassa on paljon erittäin vakavia vaurioita ja mahdollisesti kantavuuspuutteita tai levantämistarvetta. Hallittu loppuunkäyttö edellyttää sillan asettamista tehostettuun tarkkailuun ja todennäköisen uusimisajan kohdan määrittämistä.

Uusimisen myöhentämisestä saadaan säästöä, joka voidaan määrittää uusimiskustannusten ja niiden todennäköiseen uusimisajankohtaan diskontattujen kustannusten erotuksena. Säästö S lasketaan kaavasta



$$S = U \times \{ (1+r)^t - 1 \} , \text{ missä}$$

U = uusimiskustannus (€)

r = laskentakorko (%/100)

t = loppuunkäyttöaika (v) .

Kun laskentakorkona käytetään 4 %, kaava saa muodon

$$S = U \times (1,04^t - 1) .$$

Hallitusta loppuunkäytöstä saatava säästö vähennetään päällysrakenteen ja koko sillan uusimiskustannuksista vertailtaessa niitä peruskorjauksen kustannuksiin.

## 6.6 Vertailun esimerkkilaskelma

Teräsbetoninen laattasilta

- va = 7,0 m
- HI = 7,9 m
- valmistumisvuosi 1955.

Sillan massiiviset alusrakenteet ovat kunnostus- ja käyttökelpoiset. Peruskorjauksen vaihtoehtona on päällysrakenteen uusiminen 6 vuoden kuluessa.

Pengerkaiteet ovat liikenneturvallisuutta vaarantavat ja ne on uusittava heti.



Kuva 6.1. Esimerkkilaskelman silta.

Peruskorjauskustannukset

Toimenpide	Laajuus	Yks.	€/yks.	Kust. (€)
Etumuurien ruiskubetonointi	50	m <sup>2</sup>	85	4250
Siipimuurien ruiskubetonointi	18	m <sup>2</sup>	85	1530
Reunapalkkien uusiminen	31	m	600	18600
Rp:n liikuntasauaman tiivistäminen	4	kpl	150	600
Kansil. paikkaus ilman muotteja	4	m <sup>2</sup>	450	1800
Pintarakenteiden uusiminen	62	m <sup>2</sup>	150	9300
Kaiteen uusiminen	28	m	165	4620
Betonipinnan puhdistus	2	m <sup>2</sup>	10	20
Kiviverhouksen teko	10	m <sup>2</sup>	150	1500
Pengerkaiteen teko	184	m	45	8280
Korjaustyöt yhteensä				50500
Yhteiskustannukset 25 %				12625
Korjauskustannukset				63125

Liikennehaittakustannukset, peruskorjaus

Vakioidut yksikköhinnat					
Kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus Ak (€/h)		20			
Raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus Ar (€/h)		60			
Kevyiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus Ck (€/km)		0,10			
Raskaiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus Cr (€/km)		0,40			
Tiekohtaiset tiedot					
Kevyiden ajoneuvojen määrä Qk (ajoneuvoa/vrk)		2350			
Raskaiden ajoneuvojen määrä Qr (ajoneuvoa/vrk)		150			
Tien sallittu nopeus V (km/h)		60			
Vaihtoehtoiset liikenteenohjaustavat					
Nopeusrajoitus		Valo-ohjaus	Kiertotie		
Ln	0,5	Lv	0,3	Lk	1,0
Vn	30	Vv	30	Vk	50
tn	8	tv	8		
		to	2		
Tn	25	Tv	30	Tk	20
Knop (€/vrk)	156	Kvalo (€/vrk)	716	Kkier (€/vrk)	482
€	3889	€	21467	€	9633

Peruskorjauskustannukset yhteensä 72758

Päällysrakenteen uusimiskustannukset

Toimenpide	Laajuus	Yks.	€/yks.	Kust. (€)
Etumuurien ruiskubetonointi	50	m <sup>2</sup>	85	4250
Siipimuurien ruiskubetonointi	18	m <sup>2</sup>	85	1530
Alusrak. reunapalkkien uusiminen	15	m	600	9000
Päällysrakenteen purkaminen	62	m <sup>2</sup>	50	3100
Päällysrakenteen uusiminen	67	m <sup>2</sup>	650	43550
Kaiteen uusiminen	28	m	165	4620
Betonipinnan puhdistus	2	m <sup>2</sup>	10	20
Kiviverhouksen teko	10	m <sup>2</sup>	150	1500
Pengerkaiteen teko	184	m	45	8280
Korjaustyöt yhteensä				75850
Yhteiskustannukset 25 %				18963
Uusimiskustannukset				<b>94813</b>

Liikennehaittakustannukset, päällysrakenteen uusiminen

Vakioidut yksikköhinnat			
Kevyiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus Ak (€/h)		20	
Raskaiden ajoneuvojen viivästysajan yksikkökustannus Ar (€/h)		60	
Kevyiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus Ck (€/km)		0,10	
Raskaiden ajoneuvojen matkan yksikkökustannus Cr (€/km)		0,40	
Tiekohtaiset tiedot			
Kevyiden ajoneuvojen määrä Qk (ajoneuvoa/vrk)		2350	
Raskaiden ajoneuvojen määrä Qr (ajoneuvoa/vrk)		150	
Tien sallittu nopeus V (km/h)		60	
Vaihtoehtoiset liikenteenohjaustavat			
Nopeusrajoitus		Valo-ohjaus	
Ln	0,5	Lv	0,3
Vn	30	Vv	30
tn	8	tv	8
		to	2
Tn	25	Tv	25
Knop (€/vrk)	156	Kvalo (€/vrk)	716
€	3889	€	17889
Kiertotie			
Lk	1,0		
Vk	50		
Tk	25		
Kkier (€/vrk)	482		
€	12042		

**Päällysrakenteen uusimiskustannukset yhteensä**

**106854**



Päälysrakenteen uusimisen myöhentäminen 6 vuotta

(Pengerkaiteet pitää uusia heti liikenneturvallisuuksista)

Siirtyvä kustannus             $U = 106854 - 1,25 \times 8280 =$             96504

Laskentakorko = 4 %

Myöhentämisestä saatava säästö             $S = U \times (1,04^6 - 1) =$             25604

Päälysrakenteen uusimisen vertailuhinta =  $106854 - 25604 =$             **81250**

Peruskorjauksen hinnaksi laskettiin            **72758**

## 7 TERÄSPUTKISILLAN KORJAAMINEN

### 7.1 Korjaamisen yleiset edellytykset

Teräspanutkisillan korjaamisen pääasiallisena tarkoituksena on sillan käyttöiän jatkaminen. Korjaustarve aiheutuu yleensä vedenpinnan vaikutusalueella tai maanrajassa olevista vakavista ruostevaurioista. Korjatun rakenteen on täytettävä asetetut aukkovaatimukset ja mahdollistettava veden esteetön virtaus putken läpi. Aukkovaatimuksesta on hankittava alueellisen ympäristökeskuksen lausunto korjaustyön suunnitteluvaiheen lähtötiedoksi.

Korjaamisen kannattavuus selvitetään suunnitteluvaiheessa vaihtoehtoisten korjausmenetelmien ja sillan uusimisen kustannuksia vertailemalla. Vertailussa on otettava huomioon myös liikenteelle aiheutuvat haitat sekä kullekin menetelmälle saavutettavaksi asetettu korjatun putken tavoitekäyttöikä. Korjatunkin rakenteen tulee aina täyttää putkisillalle asetetut kantavuusvaatimukset eikä siinä saa tavoitekäyttöiän aikana esiintyä normaalia kulumista ja ikääntymistä merkittävämpiä vaurioita.

Korjaaminen tulee kysymykseen suuremmissa putkissa, kun tien liikennemäärä ja/tai putken peitesyvyys on suuri. Jos teräspanutkisillan vapaa-aukko on pienempi kuin kolme metriä, peitesyvyys pienempi kuin 1,5 metriä ja tien liikennemäärä on pienehkö, korjaaminen ei yleensä ole kannattavaa vaan putki käytetään loppuun ja uusitaan. Hallittu loppuunkäyttö edellyttää pahoin syöpyneen sillan kantavuuslaskentaa ja uusimisajankohdan määrittämistä.

Teräspanutkisillan korjaamisesta on laadittava suunnitelma, joka on hyväksyttävä tilaajalla. Korjauksen suunnittelun tulee perustua riittävän tihein välimatkoin tehtyihin vanhan putken poikkileikkausmittauksiin (putken korkeus, leveys ja muoto). Suunnitteluvaiheessa selvitetään myös, onko putkessa katodinen suojaus, joka on purettava ennen korjaustöiden aloittamista.

### 7.2 Korjausmenetelmät

Teräspanutkisillan korjaamisen työkohtaiset laatuvaatimukset on julkaistu Tiehallinnon [SILKO-ohjeena 2.341](#). Ohjeessa esitetään kolme menetelmää, joilla on erilaiset soveltamisalueet ja tavoitekäyttöiät.

#### 7.2.1 Sujutusmenetelmä

Sujutusmenetelmällä tarkoitetaan teräspanutkisillan korjausmenetelmää, jossa vanhan teräspanutken sisään vedetään uusi teräspanutki. Vanhan rakenteen ja uuden putken välinen tila täytetään korroosiota ehkäisevällä materiaalilla, yleensä betonilla. Uuden ja vanhan putken välisen täytön tulee olla niin tiivis, että uusi rakenne kestää putkelle liikenteestä ja maanpaineesta syntyvät kuormat. Jos putkessa on huomattavaa taipumaa tai muita muodonmuutoksia, sujutusmenetelmää ei voida käyttää. Sujutusmenetelmällä korjatun teräspanutken tavoitekäyttöikä on 50 vuotta.



Kuva 7.1. Uusi teräsputki sujutetaan vanhan putken sisään.

### 7.2.2 Putken alaosan uusiminen

Teräsputkisillan alaosan uusimisen tavoitteena on rakenteen alentuneen kantavuuden palauttaminen ja sillan käyttöiän jatkaminen kiinnittämällä teräsputken alaosaan uudet teräslevyt. Vanhan ruosteisen rakenteen ja uuden korjausosan välinen tila täytetään korroosiota ehkäisevällä materiaalilla, yleensä betonilla. Korjausmenetelmää voidaan käyttää, kun ruostunut osa on enintään puolet putken korkeudesta. Putken vaurioitumisaste ei saa kuitenkaan olla niin vakava, ettei korjausosaa saataisi kiinnitettyä riittävän luotettavasti vanhaan rakenteeseen.

Rakenteellisessa korjauksessa uusi ja vanha teräsrakenne kiinnitetään toisiinsa yksityiskohtaisesti suunnitelluilla kiinnityselimillä siten, että yhdistetty rakenne toimii liittorakenteena ja kestää putkelle liikenteestä, maanpaineesta ja pengermateriaalin painosta syntyvät kuormat. Näin korjatun teräsputken tavoiteikä on 50 vuotta.

Verhoustyyppisessä korjauksessa pyritään vain käyttöiän jatkamiseen, jolloin uusien levyjen kiinnitys suunnitellaan kestäväksi vain vanhan putken ja uusien levyjen välisen tilan betonoinnin valupaine. Näin korjatun teräsputken tavoiteikä on 25 vuotta.





Kuva 7.2. Uudet teräslevyt kiinnitetään yläosastaan vanhan putken reunoihin.

### 7.2.3 Ruiskubetonointi

Ruiskubetonoinnin tavoitteena on ruostumisen pysäyttäminen tai merkittävä hidastaminen ja siten putkisillan käyttöiän jatkaminen betonoimalla putken alaosa sisäpuolelta. Korjausmenetelmää voidaan käyttää, kun ruostunut osa on enintään puolet putken korkeudesta. Putken vaurioitumisaste ei saa kuitenkaan olla niin vakava, ettei ruiskubetonoinnin raudoitusta saataisi kiinnitettyä riittävän luotettavasti vanhaan rakenteeseen eivätkä syöpymät aiheuta putken kantavuuden alenemista. Ruiskubetonoinnilla korjatun teräspuutken tavoiteikä on 15 vuotta.



Kuva 7.3. Ruiskubetonoinnilla suojattu teräspuutkisilta.

## 8 TUKISEINÄT JA APUSILLAT

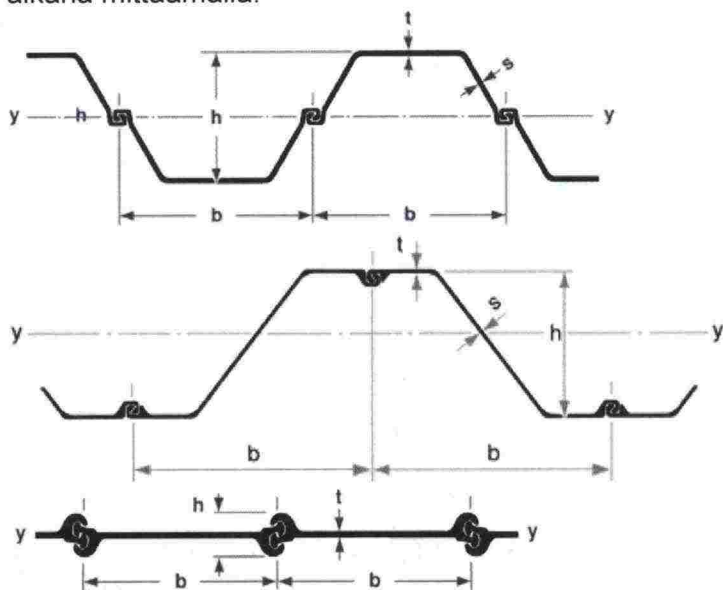
### 8.1 Tukiseinät

Siltojen korjaaminen ja erityisesti putkisiltojen uusiminen ja korjaaminen vaativat usein laajoja kaivantoja. Kaivannon kokoa voidaan pienentää käyttämällä tukiseiniä, joiden välityksellä siirretään tukiseinää vasten tulevat kuormitukset hallitusti maahan tai kallioon.

Tavallisesti tukiseinärakenteena käytetään ponttiseiniä, settiseiniä ja patoseiniä. Teräsponttiseinä muodostaa ponttilukkojen avulla lähes vesitiiviin ja yhtenäisen seinän. Elementtien muoto ja seinämäpaksuus valitaan rakennuskohteittain. Työaikaiset tukiseinät poistetaan käytön jälkeen ja voidaan käyttää uudelleen toisessa rakennuskohteessa.

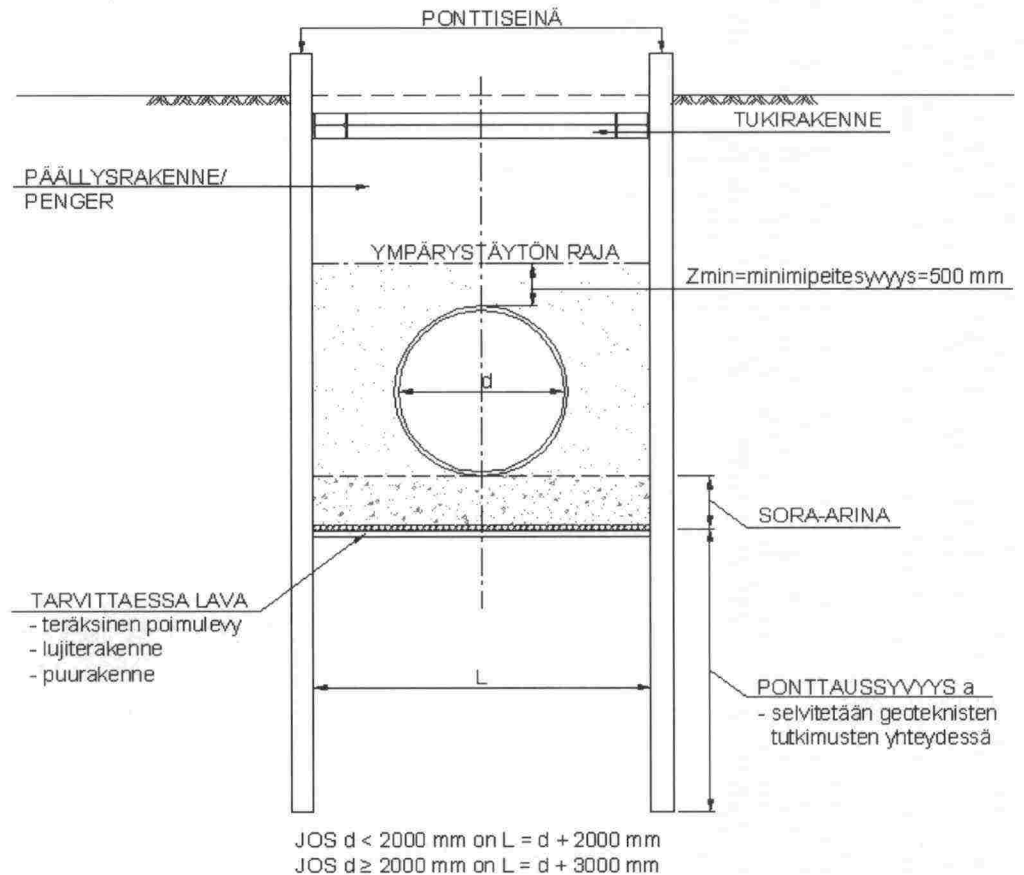
Teräsponttiseinäelementit ovat yleensä U- ja Z- poikkileikkauksia, jotka valmistetaan valssaamalla. Terästä profiloimalla saavutetaan suuria taivutusvastuksia, jolloin ponttiseinä toimii palkin tavoin taivutusta vastaan. Lukkoraakenne ponttien välissä kykenee välittämään suuria vetovoimia liitosten yli profiilien välillä. Tukiseiniin kohdistuvat kuormitukset ovat useimmiten vaakasuuntaisia kuormituksia kuten maan- ja vedenpainetta, jotka johdetaan tukiseinän kautta maahan. Ponttiseinien vesitiiviys on yleensä riittävä, mutta ponttiseinän alapinnasta mahdollisesti nousevat vedet on otettava huomioon suunnittelussa ja rakentamisessa.

Tukiseinät suunnitellaan tapauskohtaisesti ja mitoittavana tilanteena on yleensä kaivannon loppuvaihe. Tukiseinän mitoitus tarkistetaan kuitenkin kaikissa kaivuvaiheissa. Kaivannon siirtymiä on kuitenkin tarkkailtava työn aikana mittaamalla.



Kuva 8.1. U-, Z- ja litteitä profiileita.

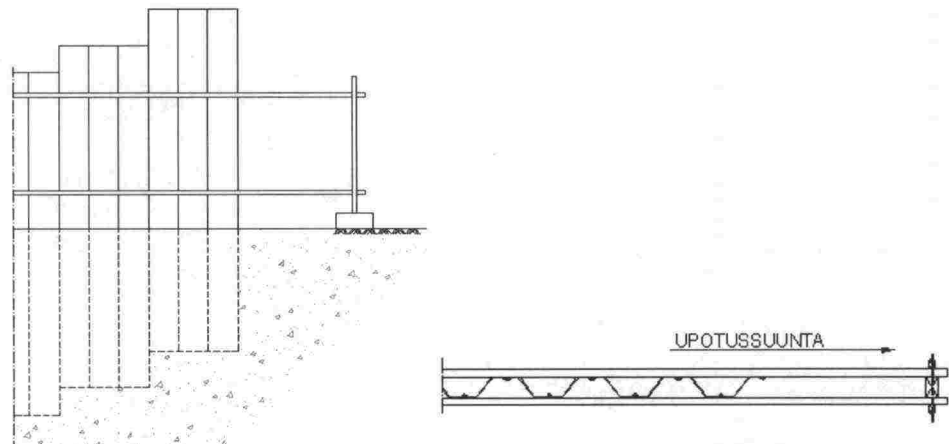




Kuva 8.2. Periaatekuva ponttiseinien käyttämisestä putkia perustettaessa, kokonaan tuettu kaivanto.

Tukiseiniä käyttämällä voidaan vähentää liikennehaittoja, koska korjaus- tai uusimistoimenpiteet voidaan tehdä sillan toinen puoli kerrallaan ja siltapaikkaa ei tarvitse sulkea liikenteeltä kokonaan. Liikenteen kulku voidaan järjestää toisella kaistalla liikenteenohjaajan avulla tai liikennevalo-ohjauksella.

Ponttiseinät upotetaan maahan lyömällä, painamalla tai täryttämällä. Kivetörmässä maassa täryttäminen on paras asennustapa. Pontit täytyy tukea vähintään kahdelta tasolta ja profiilit voivat vaatia myös välituet. Kaivannosta voidaan joutua työnaikana poistamaan vesiä pumppaamalla.



Kuva 8.3. Pontin upottaminen.



## 8.2 Apusillat

Apusilloilla voidaan varmistaa liikenteen kulku esimerkiksi liikuntasaumalaitteen uusimisen aikana tai putkisillan uusimisessa. Seuraavassa käsitellään eri apusiltaratkaisuja ja niiden käyttökohteita.

### Työnaikainen teräslevy

Soveltuu käytettäväksi liikuntasaumalaitteen uusimisessa. Levy asennetaan liikuntasaumalaitteen päälle päivällä, jotta liikenne pääsee kulkemaan häiriöttä. Korjaustyöt suoritetaan ilta- ja yöaikaan, jolloin levy nostetaan sivuun työn ajaksi. Levyn koko voi olla esimerkiksi 900\*1200 mm<sup>2</sup>.

### Ajosilta

Ajosiltoja voidaan käyttää liikuntasaumalaitteen uusimisessa tai lyhyen kaivannon yli pääsemiseen.

Trafino Oy, Espoo, vuokraa kaivannon päälle nostettavia ajosiltoja, jotka on valmistettu rihlalevystä. Ajosillan pituus on 4 tai 6 m ja leveys 1,5 m ja niissä on kaksi nostolenkkiä. 6-metrinen sillan paino on noin 900 kg ja 4-metrinen noin 700 kg. Vuokrahinta 6 metrin sillalle on 22 euroa/kpl/päivä ja 4 metrin sillalle 20 euroa/kpl/päivä (alv 0%).

Ajosillat voidaan kiinnittää toisiinsa ja niihin on mahdollista saada myös suojakaiteet. Suojakaiteita varten ajosilloissa on reiät, 4 kpl & 45 mm, joista ajosilta voidaan myös pultata sillan kanteen.

Kantavuustiedot:

– Jänneväli:	4 m	2 m
– Sallittu taipuma:	20 mm	20 mm
– Kantavuus	8 tonnia	30 tonnia

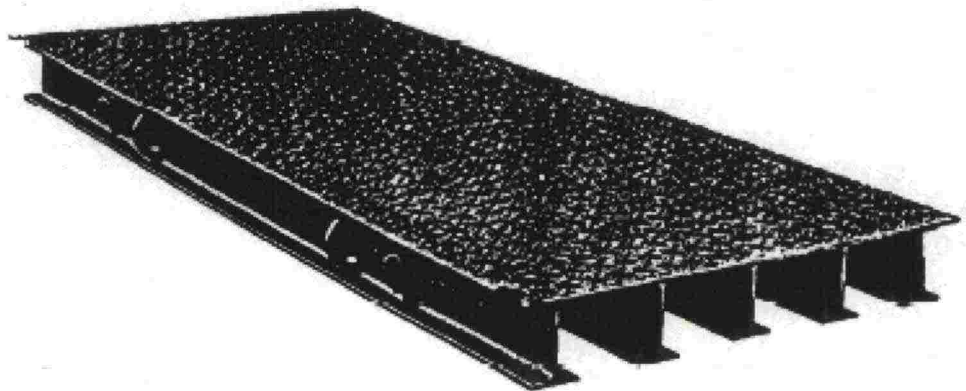


Kuva 8.4. Trafino Oy:n ajosilta.

Acrow varasiltakaluston teräskansilevyt ovat toinen vaihtoehto ajosillaksi. Teräskansilevyjä on kahta sarjaa, ns. 300- ja 100-sarjat. 300-sarjan teräskansilevyt ovat viisipalkkisia ja 100-sarjan nelipalkkisia. Palkkien päällä on 703 mm leveä hitsattu teräslevy. Kuusi kansilevyä vierekkäin muodostaa yhden kaistan leveyden ja kahden kaistan leveyteen tarvitaan 10 kansilevyä. Acrow -kalusto kestää normaalit liikennekuormat Tiehallinnon ohjeen Siltojen kuormat TIEL 2172072-99 mukaisesti. Taulukossa 8.1 on luetteloitu kansilevyjen mitat ja painot.

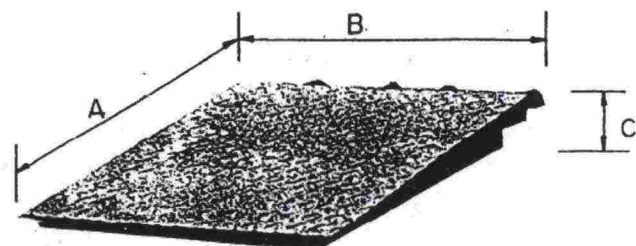
Taulukko 8.1. Kansilevyjen mitat ja painot.

Tunnus	Paino [kg]	A-mitta [mm]	B-mitta [mm]	C-mitta [mm]
AB161	190	3042	703	106
AB162	98	1518	703	106
AB171	203	3042	703	106
AB172	116	1518	703	106
AB310	101	1518	703	107
AB313	129	1518	703	109
AB312	41	1518	271	107



Kuva 8.5. Viisipalkkinen teräskansilevy.

Kansilevyjen päihin voidaan asentaa luiskat kalturien avulla. Kalturin päätyläpän AB233 mitat ovat esitetty kuvassa 8.6.

**I41779 AB 233 KALTURIN PÄÄTYLÄPPÄ**

Paino 74 kg

A = 813 mm

B = 703 mm

C = 113 mm

*Kuva 8.6. Kalturin päätyläppä.***Varasiltakalustot**

Tiehallinto omistaa kriisiajan käyttöä varten hankittua varasiltakalustoa, jota se vuokraa myös rauhanaikaiseen työmaakäyttöön. Käytännössä kaluston varastoinnista ja vuokrauksesta vastaa Destia Oy. Kalustojen vuokrat vaihtelevat kaluston ja asennustavan mukaan. Vuokrahinnat ovat saatavissa Destian kalustoyksiköstä tai Tiehallinnon varautumisyksiköstä.

Varasiltakalustot ovat Bailey, Acrow, Universal ja VS6-24 kalustoja. Varasiltojen pääkannattajat koostuvat teräskehistä (paitsi VS6-24 sillassa palkeista), joita liitetään toisiinsa rinnakkain ja tarvittaessa päällekkäin jännemitasta ja kuormituksesta riippuen. Yleensä varasillat mitoitetaan ajoneuvoasetuksen mukaisille kuormille.

Ajoneuvoasetuksen mukaiselle kuormitukselle mitoitettun varasillan maksimijännemitta Universal kalustolla on 67,5 m. Kalustoa voidaan käyttää myös 81,0 metrin jännemitalla, mutta Suomeen ei ole hankittu kaikkia tämän jännemitan vaatiman rakenteen osia. Bailey kalustoa ei oikeastaan kannata käyttää työnaikaisena varasiltana johtuen sen huonommasta kantavuudesta, sen sijaan muut Tiehallinnon varasiltakalustot saadaan mitoitettua ajoneuvoasetuksen mukaisille kuormille.

Varasiltakalustosta tehdyn sillan hyödyllinen leveys on yksikaistaisessa sillassa 4,2 m ja kaksikaistaisessa 7,2 m. Kannen yläpinnan ja alapinnan välinen korkeus vaihtelee kalustosta ja sillan jännemitasta riippuen ollen keskimäärin noin 0,8–1,0 m.





Kuva 8.7. Varasilta Acrow kalustosta.

### Apusiltakalustot

Maailman ja Euroopan markkinoilla on erilaisia apusillan alla työskentelyn mahdollistavia työmaan ylitykseen kehitettyjä apusiltakalustoja sekä myytävänä että vuokrattavana. Näiden mittavien kalustojen käyttö tulee harkittavaksi vain erittäin poikkeuksellisen vaativissa kohteissa ja kun liikennemäärä on yli 10.000 ajoneuvoa vuorokaudessa.

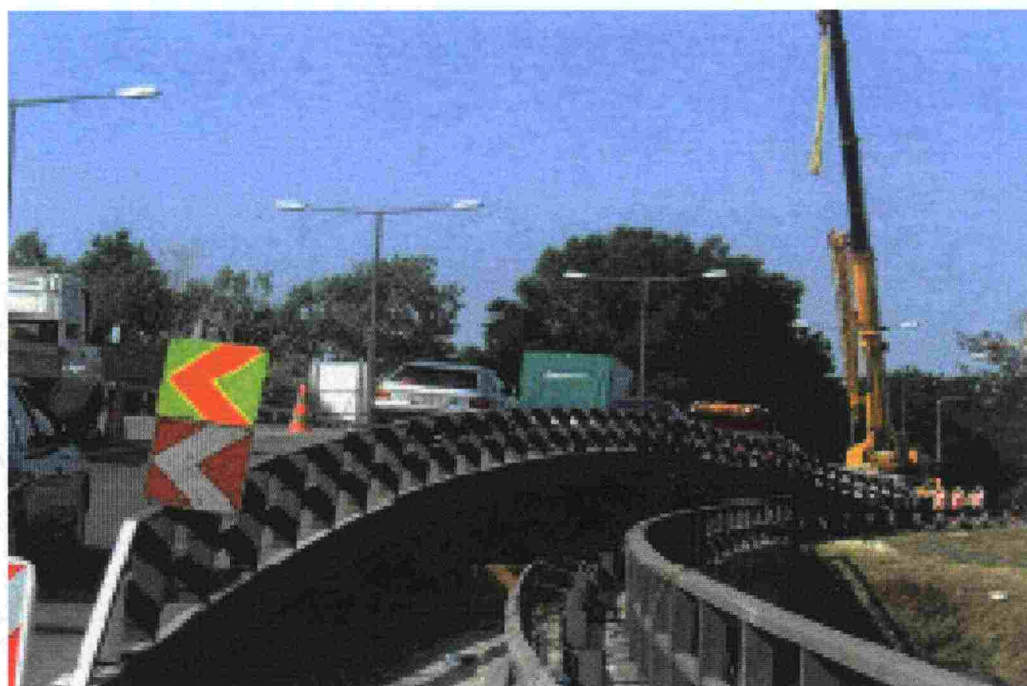
Tiehallinnossa on harkittavana yhden suuren apusiltakaluston hankkiminen. Tätä raporttia kirjoitettaessa hankinnasta ei ole tehty päätöksiä.

Mabey Quick Bridges on ruotsalaisen Mabey Scandinavia AB:n valmistama siltakalusto. Sillankorjaustyömaan ylittävä apusilta kootaan 1735 mm leveistä ja 4,5–24 m pitkistä teräselementeistä sekä teräksisistä tukirakenteista. Vuokrattaessa valmiiksi asennetun apusillan, jossa keskijänne on 6–12 metriä, työskentelykorkeus apusillan alla 1,8–2 metriä ja pituus noin 100 metriä, asennustyö kuljetuksineen ja purkuineen olisi noin 115.000 € ja vuokra noin 6.000–7.000 €/viikko. Tällaisen kaluston hankintahinta olisi noin 1,5 M€.



Kuva 8.8. Mabey Quick Bridge.

Fly Over siltakaluston valmistaja on itävaltalainen Waagner-Biro Stahlbau AG. Esimerkiksi Wienin kaupunki on käyttänyt liikuntasaumalaitteiden uusimisessa tästä kalustosta koottua apusiltaa, jonka avulla liikenne on voinut kulkea suhteellisen normaalisti. Kyseinen 10 m leveä ja 106 m pitkä kolme-kaistainen apusilta koottiin 3,35 m leveistä ja 4,5 m pitkistä teräselementeistä.



Kuva 8.9. Fly Over apusiltakalusto.



## 9 SILLANKORJAAJIEN KOULUTUS

### 9.1 Työnjohto

Sillankorjausrakoiden työnjohdolle asetetaan kouluttautumista edellyttäviä pätevyysvaatimuksia. Tiehallinto vaatii sillankorjaustyön betonityönjohtajalta FISE Oy:n myöntämän 1-luokan betonirakenteiden työnjohtajan pätevyyden. Lisäksi Tiehallinto tulee 1.5.2010 lähtien vaatimaan sillankorjaustyön työmaapäälliköltä FISE Oy:n myöntämän betonirakenteiden korjaustyönjohtajan pätevyyden, kun korjattavassa sillassa on betonirakenteita.

Pätevyyskoulutusta järjestävät yhteistyössä FISE Oy:n sihteerijärjestöt Suomen Betoniyhdistys BY, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL sekä Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL. Työnantajan tulee kannustaa ja tukea henkilökuntansa omaehtoista pätevyyskoulutukseen hakeutumista.

Urakoitsijoiden on myös itse panostettava työnjohdon kouluttamiseen, perehdyttämiseen ja ammattitaidon ylläpitämiseen. Nuoremman työnjohtajan on hyvä aloittaa monipuolisella korjaustyömaalla kokeneemman vastaavan työnjohtajan apulaisena. Kokenutta työnjohtajaa on tuettava hänen pyrkimyksissään säilyttää ja kehittää ammattitaitoaan korjausrakentamisen menetelmien ja materiaalien kehittyessä ja uusiutuessa.

Tiehallinnon Siltatekniikan neuvottelupäivät ja RIL:n Siltapäivät ovat kaikille avoimia koulutustilaisuuksia, joissa käsitellään silta-alan ajankohtaisia asioita. Näissä erittäin suositeltavissa ja suosituiksi tulleissa tilaisuuksissa saa viimeisimmän tiedon uusista laatuvaatimuksista, korjausmenetelmistä, materiaaleista ja tutkimustuloksista.

### 9.2 Rakennusammattimiehet

Koulutuksen tarve on ilmeinen mutta yleisen koulutuksen järjestäminen on monitahoista ja vaikeaa. Yritysten on itse panostettava rakennusammattimiesten kouluttamiseen ja perehdyttämiseen entistä enemmän ja otettava vastuuta ammattitaidon säilymisestä. Koulutusta toki annetaankin mutta koulutuksen määrässä ja laadussa on varmasti lisäämisen ja kehittämisen varaa.

Urakoitsijoiden tulisi järjestää rakennusammattimiehilleen, erityisesti nuoremmille työntekijöille, käytännönläheistä opastusta ja koulutusta jokapäiväisissä korjaustöissä. Koulutuksen tarkoituksena ja tavoitteena on, että opastava ammattimies siirtää osaamisensa ja kokemuksensa nuoremmalleen mestari-kisälli- tai mentorointiperiaatteella. Oppisopimuskoulutus on myös varteenotettava menettelytapa.

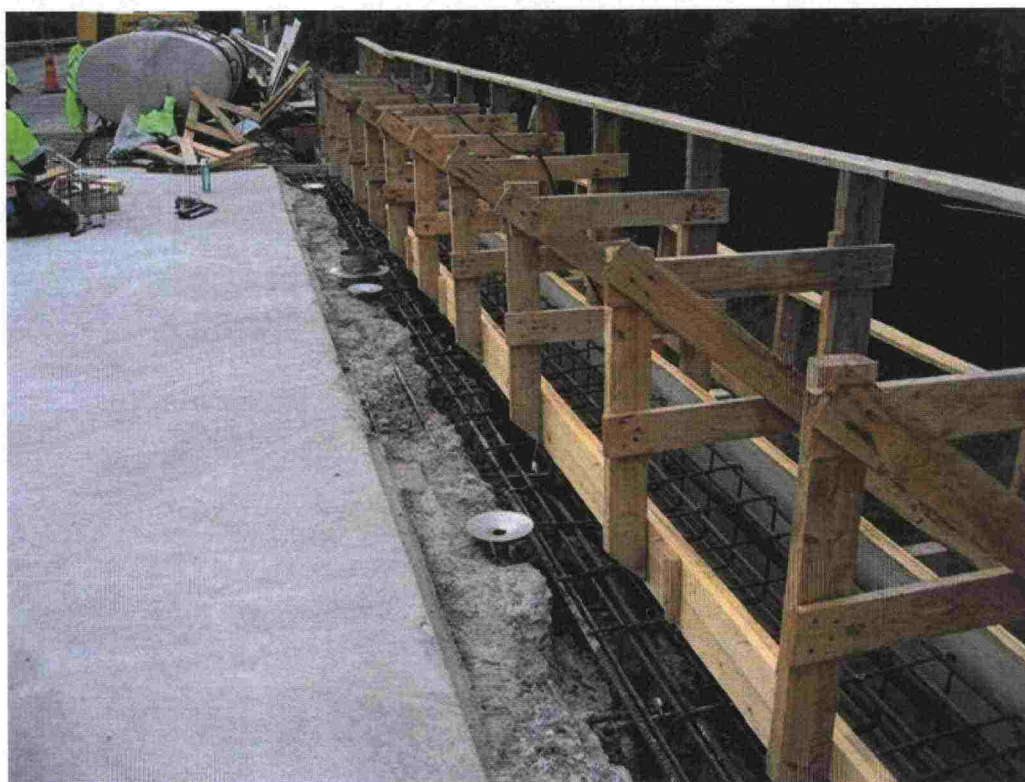
Työssä oppimisen lisäksi rakennusammattimiehille tulisi järjestää myös kurssimuotoista koulutusta kokonaisuuksien hahmottamisen parantamiseksi sekä laatuvaatimusten ja laadukkaan työsuorituksen merkityksen kirkastamiseksi. Luentopainotteisella kurssilla esitysten tulisi olla varsin tiiviitä ja tärkeimpiin pääasioihin keskittyviä aihealueiden moninaisuuden takia. Myös nuoremmat työnjohtajat voisivat osallistua tähän koulutukseen.



Kurssimuotoisen koulutuksen ensimmäinen jakso voisi olla peruskurssi, jossa olisi aluksi motivoiva osuus yleis- ja taustatiedoilla silloista sekä niiden vaurioista ja korjaustarpeesta. Toisena aihekokonaisuutena suunnitelmapiirustusten tulkinta. Kolmantena aihekokonaisuutena käsiteltäisiin perustiedot betonista ja betonirakenteiden korjaustöistä, jotka ovat sillankorjaustöiden keskeiset aihealueet.

Jatkokurssin aiheina olisivat yksittäiset korjaustoimenpiteet, joista käsiteltäisiin työvaiheet ja työmenetelmät sekä tarvittavat materiaalit ja laitteet. Koulutukseen kuuluisi myös siltapaikalla tehtäviä harjoitustöitä ja työnäytöksiä, joiden järjestäminen olisi sopeutettava meneillään olevien sillankorjaustöiden työvaiheiden aikatauluihin.

Perus- ja jatkokurssin ohjelmaksi laaditut mallit esitetään kohdissa 9.3 ja 9.4.



Kuva 9.1. Reunapalkin uusimistyö meneillään.

### 9.3 Sillankorjaustöiden peruskurssi

8.00–8.15 **Kurssin avaus**

8.15–9.00 **Suomen sillat ja SILKO**

- Suomen sillasto
- Siltatyypit
- SILKO-projekti ja SILKO-ohjeet

9.00–9.20 **K a h v i**

9.20–10.05 **Siltojen vauriot**

- teräsbetoni-, teräs- ja puurakenteet
- vauriotyypit ja vaurioiden syyt
- korjaustarpeet ja korjausmenetelmät

**T a u k o**

10.15–11.00 **Korjaussuunnitelmien tulkinta**

- suunnitelmapiirustusten oikein ymmärtäminen
- suunnitelman mukaisen työn toteutuksen ja materiaalien oikean käsittelyn merkitys korjaustyön laatuun

11.00–11.30 **Työturvallisuus sillankorjaustöissä**

11.30–12.15 **L o u n a s**

12.15–13.15 **Betoni sillankorjausmateriaalina**

- perusteoria, osa-aineet ja lisäaineet
- massan valmistus, sitoutuminen ja kovettuminen
- laatuvaatimukset
- pakkasenkestävä betoni, kuitubetoni, itse tiivistävä betoni

**T a u k o**

13.25–14.30 **Betonointityöt**

- betonimassan ominaisuudet
- kuljetus, siirto ja pumppaus
- betonointi ja tiivistäminen
- näkyviin jäävien pintojen viimeistely ja jälkihoito

14.30–14.50 **K a h v i**

14.50–15.50 **Teline- ja muottityöt**

- rakenteet, tuennat, sidonta
- telinekalustot ja muottikalustot

15.50–16.00 **Kurssin päättäminen**

## 9.4 Sillankorjaustöiden jatkokurssi

### 1. päivä

#### 8.00–9.00 **Betonirakenteen piikkaus**

- piikkausalueen rajaaminen
- koneet ja laitteet ja voimayksiköt
- vesipiikkaus

#### 9.00–9.20 K a h v i

#### 9.20–10.20 **Betonin paikkaaminen**

- paikkausmateriaalit
- esikäsittelytyöt
- paikkaus ilman muotteja
- paikkaus muottien avulla

T a u k o

#### 10.30–11.30 **Injektointityöt**

- laitteet ja materiaalit
- injektointityö
- laadunvarmistus

#### 11.30–12.15 L o u n a s

#### 12.15–13.15 **Betonirakenteiden pinnoittaminen**

- pinnoitusmateriaalit
- esikäsittelytyöt
- pinnoitustyöt

T a u k o

#### 13.25–14.30 **Vedeneristyksen alustan kunnostus**

- purkutyöt
- jyrsintä ja hionta
- paikkaustyöt
- muotoiluvalun teko

#### 14.30–14.50 K a h v i

#### 14.50–15.50 **Vedeneristystyöt**

- kermieristys
- nestemäisenä levitettävät vedeneristeet

#### 15.50–16.00 **Päivän päättäminen**



## **2. päivä**

### **8.00–9.00 Liikuntasaumalaitteen uusiminen**

- purku- ja esikäsittelytyöt
- laitteen asennus
- tukikaistat

### **9.00–9.20 K a h v i**

### **9.20–10.20 Kuivatuslaitteiden teko**

- tippuputket
- syöksytorvet
- salaojat

Tauko

### **10.30–11.30 Saumaustyöt**

- reunapalkin liikuntasaumamat
- pienet liikuntasaumamat
- päällysteen liikuntasaumamat
- päällysteen ja reunapalkin väliset saumat
- saumausmateriaalit (elastiset, plastiset)

### **11.30–12.15 Lounas**

### **12.15–13.00 Korjausmaalaustyöt**

- esikäsittely
- paikkausmaalaus
- laadunvarmistus

Tauko

### **13.10–13.55 Teräslaakerin huoltokäsittely**

- esikäsittelytyöt
- pintakäsittelyvaihtoehdot

### **13.55–14.15 K a h v i**

### **14.15–15.00 Kaidepylvään juuren kunnostus**

- piikkaus
- kaidepylvään käsittely
- juurikorokkeen teko

Tauko

### **15.10–15.50 Keila- ja luiskatyöt**

- verhoussarinan teko
- verhoustyypit ja niiden asentaminen

### **15.50–16.00 Jatkokurssin luento-osuuden päättäminen**

**Jatkokurssia täydennetään** sillankorjaustyömailla järjestettävillä, kurssilla käsiteltyihin aiheisiin liittyvillä harjoitustöillä ja työnäytöksillä, jotka on sopeutettava meneillään olevien korjaustöiden työvaiheiden aikatauluihin.

**Korjaussuunnitelmien tulkinta** tulisi läpikäydä aina ennen sillan peruskorjaustyön aloittamista yhdessä työnjohdon ja työn toteuttavien rakennusammattimiesten kanssa.

## 9.5 Koulutuksen järjestäminen

Koulutuksen järjestäjinä tulisivat olemaan ensisijaisesti sillankorjaustöitä tekevät urakoitsijat omalle henkilökunnalleen. Yleisemmän koulutuksen mahdollinen ja ehkä luontaisin järjestäjä voisi olla Rakennusteollisuuden Koulutuskeskus RATEKO.

Tiehallinto tulee mahdollisesti harkitsemaan nollabudjetointiperiaatteella laskutettavan rakennusammattimiesten koulutuksen järjestämistä konsulttityönä.

Koulutuksella saavutettava rakennusammattimiesten tietojen ja taitojen kehittäminen hyödyttää sekä urakoitsijaa että rakennuttajaa korjaustöiden laadun ja tehokkuuden paranemisena.

## 10 LIIKENTEEJÄRJESTELYSUUNNITELMAT

### 10.1 Yleistä

Tilaaaja asettaa yleisten säännösten ja urakka-asiakirjojen perusteella rajoituksia ja ehtoja tiellä liikennettä haittaavan työn toteuttamiselle. Tällaisia ovat esimerkiksi rajoitukset työskentelyajankohdissa ja ruuhkautuvassa liikennesuunnassa, liikenteenohjausta ja liikenteen välityskykyä koskevat vaatimukset, siirrettävien liikennevalojen käyttöä koskevat velvoitteet, kiertoteitä koskevat vaatimukset, kevyen liikenteen huomioon ottaminen yms. Rajoitukset ja ehdot esitetään urakkaa koskevissa sopimusasiakirjoissa.

Päätoteuttaja laatii rakennushankkeesta aina kirjallisesti työmaa-alueen käytön suunnitelman (VNp 629/94). Urakoitsija laatii kutakin työn etenemisen vaihetta varten erikseen liikenteenohjaussuunnitelman, joka on yksi osa työmaa-alueen käytön suunnitelmaa. Suunnitelmasta tulee ilmetä vaikutukset liikenteen sujuvuuteen sekä toimenpiteet, joilla töiden aiheuttamat häiriöt saadaan mahdollisimman pieniksi. Päätoteuttajalla on myös yhteensovittamisvelvoite eri urakoitsijoiden suunnitelmien osalta.

Tilaaajan on nimettävä urakka-asiakirjoissa oma yhteyshenkilönsä, joka toimii suurissa ja vaativissa kohteissa neuvottelijana liikenteen ohjaukseen liittyvissä asioissa. Hän myös tarkastaa urakoitsijan toimittamat suunnitelmat. Pienissä kohteissa liikennejärjestelysuunnitelmat lähetetään yhteyshenkilölle tilapäisten liikennejärjestelyjen päätöksentekoa varten.

Urakoitsijan on nimettävä liikenteenjärjestely- ja työturvallisuustehtäviin perehtynyt henkilö, jonka yhteystiedot on pidettävä ajan tasalla ja Tiehallinnon liikennekeskuksen tiedossa. Liikennekeskuksella tulee aina olla reaaliaikainen tieto työmaan aiheuttamista liikenteellisistä haitoista.

### 10.2 Liikennejärjestelyohjeet ja suunnitelmat

Sillankorjaustyömaan liikennejärjestelyjä ja työkohteen eri suojaustapoja koskevia ohjeita ovat mm. Tiehallinnon verkkojulkaisut *Liikenne tietyömaalla*, *Tienrakennustyömaat* TIEH 2200053-v-08 ja *Liikenne tietyömaalla, Sulku- ja varoituslaitteet 5D-2* TIEH 2200051-v-07. Lisäksi katualueilla voidaan hyödyntää Suomen Kuntatekniikan yhdistyksen julkaisua *Tilapäiset liikennejärjestelyt katualueella, julkaisu 19/99*.

Liikennejärjestelysuunnitelmat on laadittava aina urakka- ja työvaihekohtaisesti ja ne on hyväksyttävä tilaajalla. Suunnittelun apuna voidaan käyttää edellä mainittujen ohjeiden malliratkaisuja.

Vastuu liikennealueella olevien työkohteiden ja vaarallisten kaivantojen merkitsemisestä ja riittävän tehokkaasta suojaamisesta on rakennustyön suorittajalla.

Työnaikaiset nopeusrajoitukset ovat osa tilapäisiä liikennejärjestelyjä. Urakoitsija on velvollinen dokumentoimaan tilapäisten nopeusrajoitusten sijainnin ja voimassaoloajan. Työkohteen nopeusrajoitusta koskevissa menettelyissä kuvataan mm. porrastukset ja kuinka rajoitusta muutetaan olosuhteiden



den muuttuessa. Dokumentointi voidaan tehdä esimerkiksi työmaapäiväkirjaan. Työkohteessa olevat pysyvät nopeusrajoitusmerkit on merkittävä liikennejärjestelysuunnitelmaan ja määrättävä peitettäväksi silloin, kun ne olisivat ristiriidassa työnaikaisten järjestelyjen kanssa.

### 10.3 Sulku- ja varoituslaitteet

Työkohteen suojauksella tarkoitetaan niitä rakenteita ja laitteita, jotka suojaavat työntekijöitä liikenteeltä, liikennettä työmaan toiminnoilta ja liikenteen osapuolia toisiltaan.

Sulku- ja varoituslaitteet luokitellaan laitteille asetettavien laatuvaatimusten perusteella kolmeen toimintaympäristöluokkaan seuraavasti:

- **S3** = moottori- ja moottoriliikennetiet sekä vilkasliikenteiset tiet, joiden KVL > 6000 ajoneuvoa/vrk
- **S2** = valta- ja kantatiet sekä muut tiet, joiden KVL = 1500–6000 ajoneuvoa/vrk
- **S1** = päiväaikaan tehtävät liikkuvat työt teillä, joiden KVL < 1500 ajoneuvoa/vrk sekä pelkästään kevyen liikenteen väylillä tehtävät työt.

Sulkulaitteita ovat sulkuaita, sulkupuomi, sulkupylväs ja sulkukartio. Varoituslaitteita ovat hinattava varoituslaite, ajoneuvoon kiinnitettävä varoituslaite, tielle asetettava varoituslaite ja erilaiset varoitusvalot.

Laitteet on asennettava siten, että ne pysyvät pystyssä kaikissa tavanomaisissa tilanteissa ja kuormituksissa. Laitteet eivät saa haitata kohtuuttomasti liikennettä sille tarkoitetuilla väylillä eikä väylien kunnossapitoa. Laitteiden tukirakenteet on suunniteltava siten, että ne eivät ulotu ajoradalle. Pystyttämisessä on otettava huomioon laitteiden hyvä havaittavuus.

Sillankorjaustoissa tarvitaan yleensä edellä mainittujen sulku- ja varoituslaitteiden lisäksi tehokkaampia suojaustapoja kuten erilaisia kaiderakenteita.

### 10.4 Kaiteet ja muut suojarakenteet

Työnaikaisten kaiteiden tarve ja tyyppi määritellään suojaus- ja vaaraluokituksen perusteella. Suojausluokka kuvaa sitä, millä tavalla rajoitetaan suistuvan auton joutumista vaaralliseen paikkaan tai työmaalla työskentelevien päälle.

Vaara luokitellaan vakavaksi tai lieväksi. Vaara on vakava, kun liikenne johdetaan alle 4 metrin etäisyydellä sillan kaiteettomasta reunasta tai tilapäisestä tukirakenteesta, johon törmääminen aiheuttaisi sortumavaaran. Etäisyyskriteeri voidaan puolittaa, jos ajonopeus on luotettavasti alennettu enintään 50:een km/h eikä kyseessä ole ulkokaarre. Työnaikaiset ajolinjat on otettava muutenkin huomioon vaaran suuruutta arvioitaessa.

Kaiteen suojausluokka valitaan vaaran luokan ja keston sekä tien liikennemäärän ja nopeusrajoituksen perusteella ohjeen *Liikenne tietyömaalla. Sulku- ja varoituslaitteet* 5D-2 taulukon 6 mukaan. Suojakaiteiden laatuvaatimukset sekä rakenteelliset ja käytön ohjeet esitetään kyseisessä julkaisussa. Suojausluokan K0 reunatuet ja sulkupylväät eivät riitä suojarakenteiksi

sillankorjaustyömailla. Suojausluokat ja niihin soveltuvat kaidetyypit ovat taulukon 10.1 mukaiset.

Taulukko 10.1. Suojausluokat ja kaidetyypit.

Suojausluokka	Vaatimukset	Kaidetyyppi
<b>K0</b>	Suistumista ei estetä, mutta sulkupylväillä näkyvöitetään ajoradan reuna työkohteessa.	Tilapäinen korkea reunatuki. <b>EI RIITÄ SUOJAKSI SILTAKOhteissa!</b>
<b>K1</b>	Alhaisella ajonopeudella tapahtuneet suistumiset estetään aukottomalla betonielementtijonolla, jota ei ole testattu standardin SFS-EN 1317-2 mukaisesti. Kapealla suoralla osuudella tulee kyseeseen myös tilapäinen korkea reunatuki.	Toisiinsa kytketty betonielementtijono. Elementin pohjan leveys 0,4–0,7 m ja korkeus 0–0,2 m pohjan leveyttä suurempi.
<b>K2</b>	Suistuminen estetään testatulla kaiteella, joka on mitoitettu henkilöautolle mutta voi liikkua kuorma-auton törmäyksessä.	Standardin SFS-EN 1317-2 luokkien T2, N1 ja N2 kaiteet sekä suojausluokan K3 kaiteet.
<b>K3</b>	Suistuminen estetään testatulla kaiteella, joka on mitoitettu myös loiville kuorma-auton törmäyksille.	Standardin SFS-EN 1317-2 luokkien T3, H1 ja H2 kaiteet.

Törmäysvaimennin on teräksestä tai muovista valmistettu laite, joka painuu kokoon ja pysäyttää suoraan törmänneen auton. Sitä käytetään siltapilarin tai muun jäykän rakenteen edessä. Lyhytaikaisessa (alle kolme päivää) suojaustarpeessa voidaan käyttää myös henkilöautoa törmäysesteen eteen kiinnitettynä.

Törmäyshidasteella voidaan hidastaa suistuneen auton nopeutta niin, että auto ei aiheuta suurta vaaraa suojattavassa kohteessa olevalle henkilölle. Törmäyshidasteena käytetään tavallisesti autonrenkaista koottua nippua, jonka toiminta on varmistettu törmäyskokeella.

Törmäysesteellä estetään kuorma-auton pääsy sillan tukea päin tai kaivantoon. Törmäysesteenä käytetään tavallisesti kahden metrin sora- tai murskekasaa, jonka eteen tehdään rivi törmäyshidasteita. Ahtaissa paikoissa törmäysesteenä käytetään maahan ankkuroituja betonielementtejä.

## 10.5 Kaistamerkinnot

Ennen korjaustyön aloittamista työmaa-alueen kaistajärjestelyt ja siirrettävät liikenteenohjauslaitteet mitataan ja kuvataan, jotta järjestelyt voidaan palauttaa ennalleen työmaan loputtua.

Ajoratamaalaukset on ehdottomasti jyrkittävä pois, etteivät ne aiheuta sekaannusta työnaikaisiin kaistamaalauksiin. Tilapäisissä työmailla tehtävissä tiemerkinnoissa on käytettävä samoja värejä kuin pysyvissä merkinnoissa.

Erilaisten värien käyttö voisi olla tehokasta, mutta se ei ole nykyisen liikennemerkkiasetuksen määräysten mukaan mahdollista.

Kaistamerkintämateriaaleja ovat

- maalit
- kuumamassat
- kylmämassat
- helmet ja kitkaa lisäävät aineet
- tiemerainteipit
- heijastavat tiemeraintänastat.

Maalit, massat ja helmet eivät saa sisältää kemikaalilainsäädännön määrittelemiä haitallisia aineita. Lisäksi materiaalien on täytettävä kemikaalilain ja -asetuksen sekä niiden perusteella annettujen viranomaispäätösten määräykset.

Tiemerainteipit on tarkoitettu nimenomaan tilapäisiin kaistamerkintöihin, joten ne soveltuvat sillankorjaustöiden liikennejärjestelyihin erinomaisesti. Teippimateriaalien ja heijastavien tiemeraintänastojen toiminnalliset luokat määrätään tapauskohtaisesti.

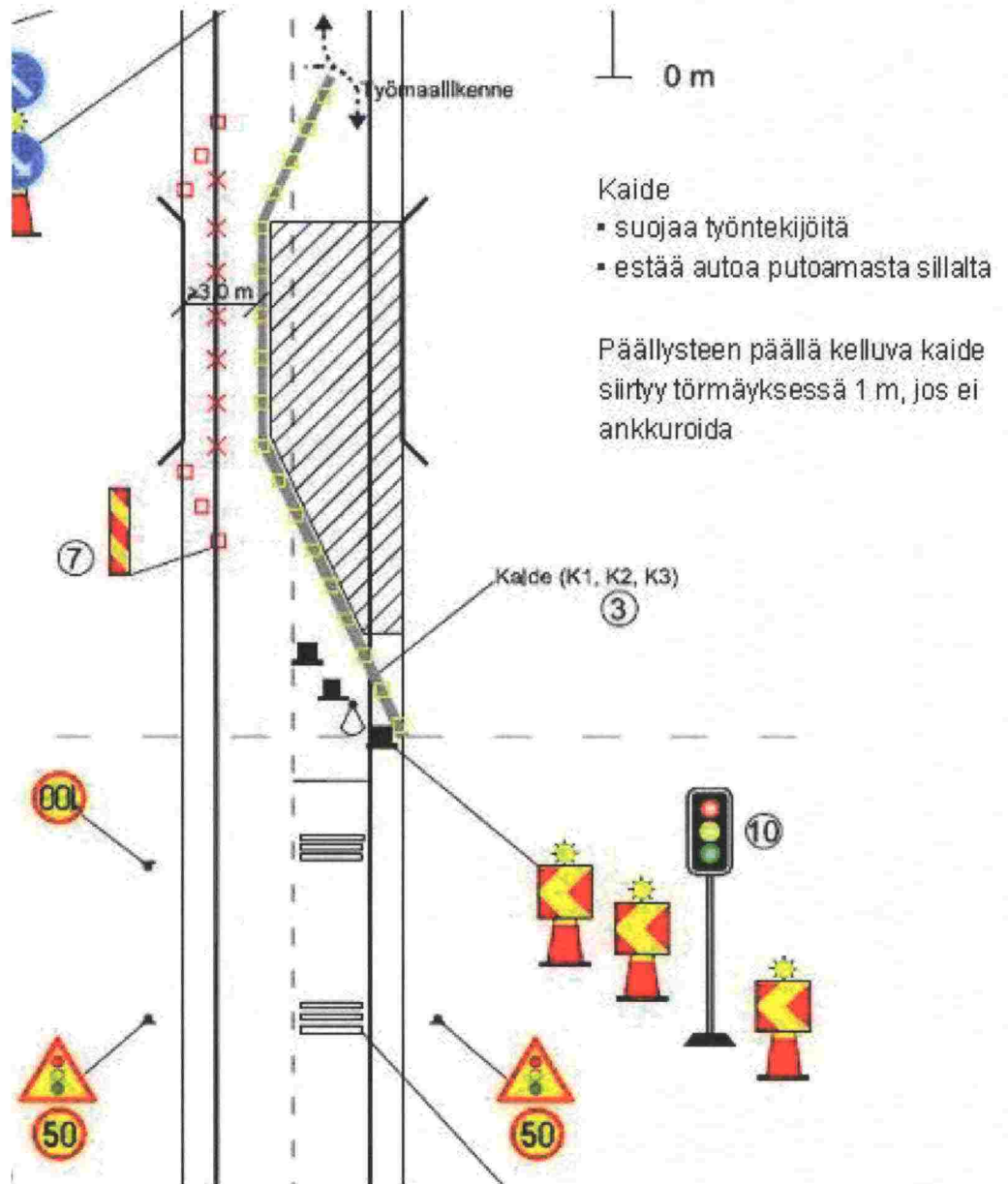
Kaistamerkintämateriaalien laatuvaatimukset esitetään Tiehallinnon verkkojulkaisussa *Tiemeraintöjen laatuvaatimukset* TIEH 2200014-v-06.

## 10.6 Liikennevalo-ohjaus

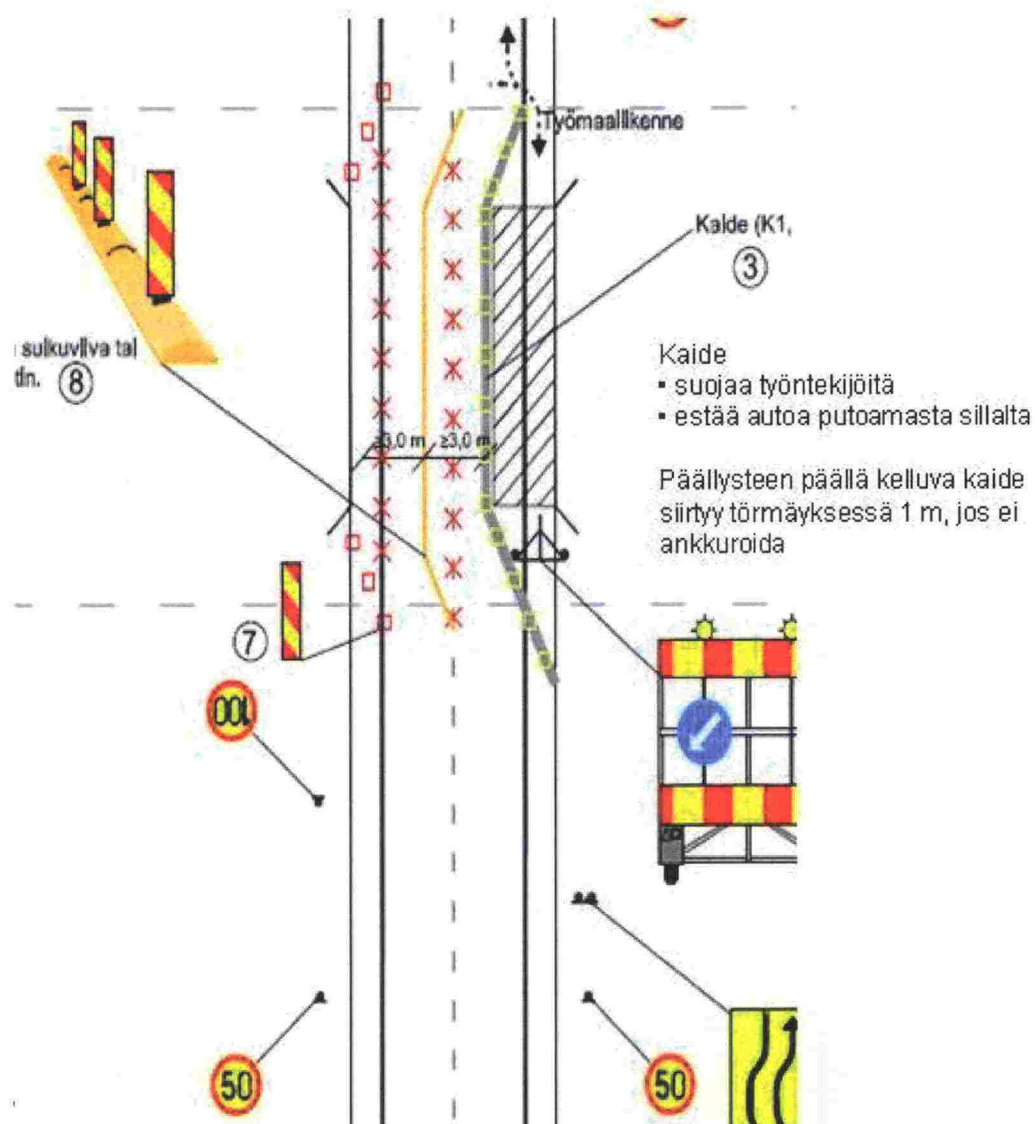
Jos näkemä korjaustyömaan ohi on hyvä, ei liikennevalo-ohjausta välttämättä tarvita. Tällöin on osoitettava liikennemerkein väistämisvelvollisuus kohdattaessa. Kun näkemä siltapaikalla on huono, ohjataan liikenne työmaan ohi valo-ohjauksella. Valo-ohjaus on osoitettava liikennemerkein 0,5 km ennen työmaata. Heräteraitaryhmät asennetaan ajoradalle noin 200 m ennen suojakaiteen alkamista.



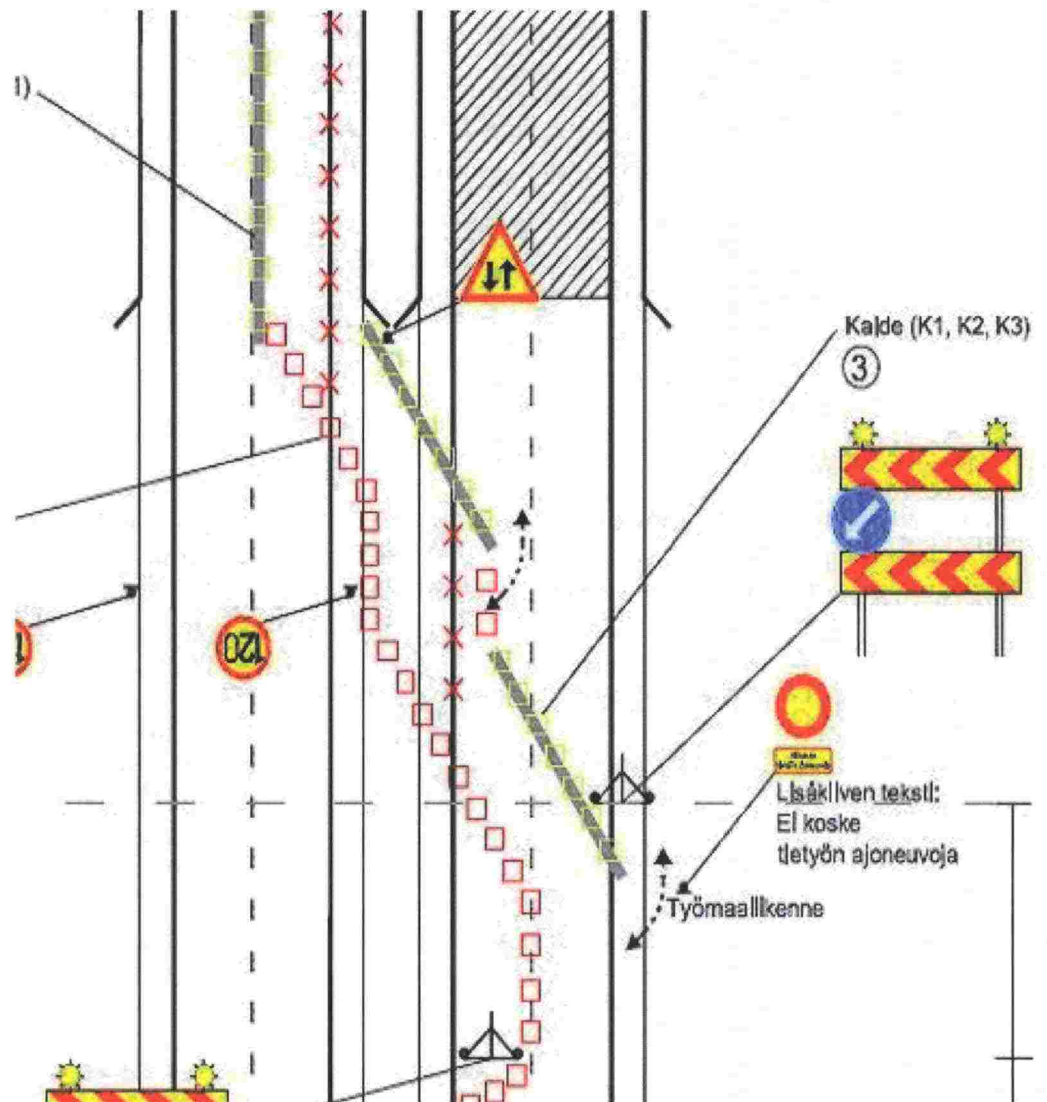
## 10.7 Esimerkkejä liikennejärjestelysuunnitelmasta



Kuva 10.1. Reunapalkin ja pintarakenteiden uusiminen.



Kuva 10.2. Reunapalkin uusiminen.



Kuva 10.3. Sillan peruskorjaus moottoritiellä.



## 10.8 Kaistanvuokraus

Kaistanvuokrauksella tarkoitetaan menettelyä, jossa työmaakohteessa sijaitseva osa tietä annetaan tietyin ehdoin urakoitsijan käyttöön tienpidon toimenpiteen toteuttamiseksi. Toimenpide tehdään tällöin ennalta sovittuina ajankohtina ja vain kaistanvuokraa vastaan.

Kaistanvuokrauksella pyritään ehkäisemään työmaiden liikenteelle aiheuttamia haittoja, joita ovat mm.

- aika- ja ajoneuvokustannusten nousu
- onnettomuusriskin nousu
- ajomukavuuden heikkeneminen
- pakokaasupäästöjen lisääntyminen.

Kaistanvuokrauksella kannustetaan urakoitsijaa minimoimaan liikenteelle aiheutetun haitan kokonaiskesto ja ajoittamaan työmaatoimenpiteet sellaiseen ajankohtaan, että liikenteelle koituvat haitat ovat mahdollisimman vähäiset.

### Kaistanvuokrauksen soveltuvuus sillankorjaushankkeisiin

Yleisesti ottaen kaistanvuokraus soveltuu kaikentyyppisiin siltahankkeisiin, joiden aikana kaistoja joudutaan sulkemaan. Kaistanvuokraus voi kuitenkin olla hankala toteuttaa

- suurissa urakoissa, joiden kesto on pitkä ja/tai työvaiheiden määrä on suuri
- korjaustyömailla, joissa on osallisena kolmas osapuoli, esimerkiksi kunnallistekniikan rakentaja tai ylläpitäjä, jonka aiheuttamiin viiveisiin varautuminen voi vaikeuttaa liiaksi kaistanvuokrauksen käyttöä.

Kaistanvuokrausta suunniteltaessa on huomioitava seuraavat seikat:

- Kaistanvuokraus ei saa aiheuttaa kiirehtimistä, josta voi seurata lopputuotteen laadun heikkenemistä.
- Kaistanvuokraus ei saa johtaa työmaiden työturvallisuuden tai liikenneturvallisuuden heikkenemiseen.
- Kaistanvuokraus saattaa nostaa urakkahintoja. Urakkakustannusten nousu ei saisi olla suurempi kuin kaistanvuokrauksella aikaansaatava liikennetaloudellinen säästö.
- Urakan aikana tehtävät muutostyöt eivät saa muodostaa ristiriitaa alun perin sovittujen kaistanvuokrauksen ehtojen kanssa.
- Urakan ehtoihin ei saa sisältyä kaistavuokrien kanssa päällekkäisiä tai ristiriitaisia taloudellisia kannustimia.

### Kaistanvuokrausmallit

Kaistanvuokraus suunnitellaan korjausurakkaan parhaiten soveltuvan mallin mukaisesti. Kaistanvuokrausmalleja on kolmenlaisia:

- 1) Välityskyvyn hetkellisen alentamisen vaikutuksiin sidottu malli, jota käytetään yleensä vain vilkkaimmilla monikaistaisilla pääteillä. Kaistanvuokrauksella pyritään välttämään ensisijaisesti ruuhkatuntien aikana tehtäviä töitä.
- 2) Yleinen tuntiliikenteeseen sidottu malli, jota käytetään useimmiten pääteillä. Kaistanvuokrauksella pyritään ohjaamaan häiriötilanteiden kesto,

ajoitusta ja lukumäärää siten, että liikenteen haitat ovat mahdollisimman vähäiset.

- 3) Vuorokausiliikenteeseen sidottu malli, jota käytetään yleensä vähäliikenteisillä teillä. Kaistanvuokrauksella pyritään vaikuttamaan työmaan kes-  
toon ja sen aikana tehtäviin liikenteen poikkeusjärjestelyjen määrään.

### **Kaistanvuokrien määrittäminen**

Tilaaja esittää urakan tarjouspyynnössä kaistanvuokrauksen piiriin kuuluvat työmaatapahtumat ajankohtineen ja ominaisuuksineen. Kaistanvuokrien suuruus määritetään kaistan sulkemisesta aiheutuvien aika- ja ajoneuvokustannusten perusteella.

Liikenteelle koituvia haittoja aiheuttavat yleisimmin seuraavanlaiset tyyppitapaukset:

- Kaistan sulkeminen kaksikaistaisella tiellä
- Ajokaistan tai ajoradan sulkeminen monikaistaisella tiellä
- Liikenteen pysäyttäminen kaksikaistaisella tiellä.

Hankekohtaisissa ajokustannuslaskelmissa on otettava huomioon tilanteet, joissa merkittävä määrä liikenteestä hakeutuu tai ohjataan kiertotielle. Tällöin kiertotien käytön aiheuttamat kustannukset on arvioitava erikseen.

Vilkasliikenteisillä teillä liikenteelle koituvien haittojen kokonaismäärää ei ole mielekästä sisällyttää kaistavuokriin, koska haitta voi olla huomattavan suuri urakan hintaan nähden. Urakkakohtaisten kaistavuokrien kokonaismäärän tulisi olla korkeintaan 5 % arvioidusta urakkahinnasta.

Vähäliikenteisillä teillä kaistavuokria tulee vastaavasti korottaa, jotta kaistavuokrat kannustaisivat urakoitsijaa panostamaan riittävästi työmaasuunnitteluun. Tällöin kaistavuokrien kokonaismäärän tulisi olla vähintään 1 % arvioidusta urakkahinnasta.

Kaistanvuokrien ja kaistanvuokrauksen periaatteiden määrittäminen edellyttää työmaan liikennetaloudellisen haitan arviointia, joka yksinkertaisissa tapauksissa voidaan arvioida kokemusperäiseen tietoon nojautuen. Konsulttien liikenneasiantuntijat suunnittelevat tarvittaessa sillankorjaushankkeeseen sopivan kaistanvuokraustavan. Erityisesti vaativissa kohteissa liikenneteknisen asiantuntemuksen käyttö kaistanvuokrauksen suunnittelussa on suositeltavaa.

### **Liikennejärjestelyjen toimivuuden simulointi**

Monimutkaisemmissa tapauksissa työnaikaista tilannetta on syytä tarkastella ensin simuloinnilla. Liikenteen simuloinnilla voidaan testata vaihtoehtoisia työnaikaisia liikennejärjestelyjä ja vertailla työnaikaisen liikenteen sujuvuutta normaalitilanteeseen. Simuloinnilla voidaan tutkia mm. liikenteen nopeustason ja kaistamäärän vaikutuksia liikenneverkon toimivuuteen. Riittävän laajalla simuloinnilla voidaan arvioida työmaan vaikutuksesta toisille reiteille siirtyvän liikenteen määrää ja sen verkollisia vaikutuksia. Simuloinneissa saadaan tietoa myös liikenteen viivytys- ja palvelutasosta sekä jonopituuksista.

## 11 LIITTEET

Liite 1. Reunapalkin muottikaluston suunnitelma

Liite 2. Sääsuojakaluston suunnitelma

Liitteet ovat vain julkaisun sähköisessä versiossa.



ISSN 1457-9871  
ISBN 978-952-221-044-9  
TIEH 3201091